



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní



RTP – NAVRHOVÁNÍ A PRAKTICKÉ APLIKACE

Studijní opora

Ladislav Kárník

Ostrava 2012



Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu OP VK CZ.1.07/2.3.00/09.0147 „Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu“.

Název: RTP – navrhování a praktické aplikace

Autor: Ladislav Kárník

Vydání: první, 2012

Počet stran: 130

Náklad:

Studijní materiály pro studijní obor Robotika Fakulty strojní

Jazyková korektura: nebyla provedena.



Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.



Název: Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu

Číslo: CZ.1.07/2.3.00/09.0147

Realizace: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

© Ladislav Kárník

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-2725-4

POKYNY KE STUDIU

RTP – navrhování a praktické aplikace

Pro předmět 5 semestru oboru Robotika jste obdrželi studijní balík obsahující:

Pro studium problematiky RTP – navrhování a praktické aplikace jste obdrželi studijní balík obsahující:

- integrované skriptum pro distanční studium obsahující i pokyny ke studiu,
- přístup do e-learningového portálu obsahující doplňkové animace vybraných částí kapitol,
- CD-ROM s doplňkovými videi vybraných částí kapitol,
- harmonogram průběhu semestru a rozvrh prezenční části,
- rozdělení studentů do skupin k jednotlivým tutorům a kontakty na tutorů.

Prerekvizity

Pro studium této opory se předpokládá znalost na úrovni absolventa předmětu Základy robototechniky, Průmyslové roboty a manipulátory.

Cílem učební opory

Cílem je seznámení se základními pojmy robotizovaných technologických pracovišť, jejich navrhováním a praktickými aplikacemi. Po prostudování modulu by měl student být schopen zvládnout, problematiku navrhování RTP pro konkrétní aplikace.

Pro koho je předmět určen

Modul je zařazen do bakalářského studia oboru Robotika studijního programu B2341, ale může jej studovat i zájemce z kteréhokoli jiného oboru, pokud splňuje požadované prerekvizity.

Skriptum se dělí na části, kapitoly, které odpovídají logickému dělení studované látky, ale nejsou stejně obsáhlé. Předpokládaná doba ke studiu kapitoly se může výrazně lišit, proto jsou velké kapitoly děleny dále na číslované podkapitoly a těm odpovídá níže popsaná struktura.

Při studiu každé kapitoly doporučujeme následující postup:



Čas ke studiu: xx hodin

Na úvod kapitoly je uveden čas potřebný k prostudování látky. Čas je orientační a může vám sloužit jako hrubé vodítko pro rozvržení studia celého předmětu či kapitoly. Někomu se čas může zdát příliš dlouhý, někomu naopak. Jsou studenti, kteří se s touto problematikou ještě nikdy nesetkali a naopak takoví, kteří již v tomto oboru mají bohaté zkušenosti.



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Popsat ...
-  Definovat ...
-  Vyřešit ...

Ihned potom jsou uvedeny cíle, kterých máte dosáhnout po prostudování této kapitoly – konkrétní dovednosti, znalosti.



Výklad

Následuje vlastní výklad studované látky, zavedení nových pojmů, jejich vysvětlení, vše doprovázeno obrázky, tabulkami, řešenými příklady, odkazy na animace.



Shrnutí pojmů

Na závěr kapitoly jsou zopakovány hlavní pojmy, které si v ní máte osvojit. Pokud některému z nich ještě nerozumíte, vraťte se k nim ještě jednou.



Otázky

Pro ověření, že jste dobře a úplně látku kapitoly zvládli, máte k dispozici několik teoretických otázek.



Úlohy k řešení

Protože většina teoretických pojmů tohoto předmětu má bezprostřední význam a využití v praxi, jsou Vám nakonec předkládány i praktické úlohy k řešení. V nich je hlavním významem předmětu schopnost aplikovat čerstvě nabyté znalosti pro řešení reálných situací.



Klíč k řešení

Výsledky zadaných příkladů i teoretických otázek jsou uvedeny v závěru učebnice v Klíči k řešení. Používejte je až po vlastním vyřešení úloh, jen tak si samokontrolou ověříte, že jste obsah kapitoly skutečně úplně zvládli.

Úspěšné a příjemné studium s tímto učebním textem Vám přeje autor.

Ladislav Kárník

OBSAH

1	ÚVOD KE STUDIU	8
1.1	Klasifikace základních pokynů pro týmovou práci	8
2	KLASIFIKACE A ZÁKLADNÍ POJMY V OBLASTI RTP	10
2.1	Klasifikace základních pojmů a požadavků na RTP	10
2.1.1	Etapy navrhování	17
2.2	Navrhování uskupení RTP a výrobních systémů	19
2.2.1	Základní charakteristické struktury RTP	23
2.3	Řízení RTP	27
2.4	RTP a manipulace s materiálem	30
2.5	Periferní zařízení RTP	35
2.5.1	Pohony periferních zařízení.....	38
2.6	Modulární struktury a standardizace periferních zařízení RTP.....	48
3	POSTU PŘI NAVRHOVÁNÍ RTP	55
3.1	Klasifikace základních pojmů při procesu navrhování RTP	55
3.2	Uspořádání strojů a zařízení v RTP	57
3.3	Využití modelové techniky a časové struktury při návrhu RTP	62
3.4	Požadavky na obsah dokumentace RTP	63
3.4.1	Požadavky na dokumentaci k systému řízení technologického procesu.....	66
3.4.2	Požadavky na dokumentaci provozního rozvodu silnoproudu	67
3.4.3	Požadavky na dokumentaci provozního potrubí.....	68
3.4.4	Požadavky na dokumentaci vzduchotechniky	69
3.4.5	Požadavky na údržbu základních prostředků	70
3.4.6	Požadavky na ochranu před korozí	71
3.4.7	Zpracování nákladů na technologickou část.....	71
3.4.8	Zpracování dokladů a výpočtů.....	71
4	NAVRHOVÁNÍ A PRAKTICKÉ APLIKACE RTP PRO OBRÁBĚNÍ.....	73
4.1	Klasifikace základních pojmů RTP pro obrábění.....	73
4.2	Trendy a možnosti robotizace v obrábění.....	75
4.3	Periferní zařízení RTP pro obrábění.....	79
4.4	Praktické aplikace RTP pro obrábění.....	87
5	NAVRHOVÁNÍ A PRAKTICKÉ APLIKACE RTP PRO SVAŘOVÁNÍ.....	91

5.1	Klasifikace základních pojmů RTP pro svařování	91
5.1.1	Klasifikace RTP pro obloukové svařování.....	92
5.1.2	Klasifikace RTP pro bodové svařování	95
5.2	Periferní zařízení RTP pro svařování	98
5.3	Praktické aplikace RTP pro svařování	109
6	NAVRHOVÁNÍ A PRAKTICKÉ APLIKACE RTP MONTÁŽE.....	112
6.1	Klasifikace základních pojmů RTP montáže.....	112
6.1.1	Montážní systémy	115
6.1.2	Montážní procesy s uplatněním PRaM	117
6.2	Periferní zařízení RTP montáže.....	119
6.3	Praktické aplikace RTP montáže.....	123
7	LITERATURA.....	127

1 ÚVOD KE STUDIU

Kapitola se zabývá všeobecným uvedením do problematiky navrhování RTP a praktickými aplikacemi a charakteristikou základních požadavků na týmovou práci studentů.

Trendy současného světového vývoje v navrhování RTP a jejich praktické aplikace ukazují na značně široké spektrum možností jejich uplatnění. Na rozdíl od servisních robotů nacházejí využití především ve strojírenství. Je to zřejmé už definice, že průmyslové roboty se podílejí na výrobních činnostech. To znamená, že jsou nasazovány především do oblastí svařování, montáže, obrábění, tváření apod.

Různorodost a kvalita prováděných činností se odráží ve velkém rozptýlu požadavků na projektované RTP, které jsou na ně kladeny v souvislosti s prováděním těchto činností. To klade velké nároky na jejich spolehlivost, vybavenost potřebnými periferními zařízeními, způsob řízení, senzory, komunikaci s nadřazeným řídicím systémem apod. Kromě toho existuje značné množství ovlivňujících faktorů konkrétního prostředí majících vliv na navrhované RTP.

Navrhované RTP nacházejí uplatnění všude tam kde je prostředí pro člověka nebezpečné, zdraví škodlivé či dokonce svým způsobem nedostupné. Jako příklad lze uvést nasazování průmyslových robotů v těžkých provozech, jako jsou ocelárny apod. Průmyslové roboty mají různé kinematické struktury a jsou určeny k provádění nejrůznějších činností jako např. manipulační úkony, svařování, nanášení barev apod. Navrhované RTP jsou často vybaveny speciálními periferními zařízeními, jako např. speciální efektory, a celou škálou dalších periferních zařízení.

1.1 Klasifikace základních pokynů pro týmovou práci



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce si stanovíte

-  Pracovní týmy, které zachováte po celou dobu studia těchto opor.
-  Rozvržení časového harmonogramu ke studiu těchto opor.



Výklad

Studijní opory s názvem „RTP – navrhování a praktické aplikace“ představují studijní materiál ke studiu předmětu „Navrhování RTP“, ve kterém jsou úlohy zaměřené na týmovou práci studentů.

Na začátku studia předmětu je nutné si sestavit týmy - kde každý tým bude mít tři studenty. V případě, že celkový počet studentů ve skupině nebude dělitelný třemi, bude jeden

nebo dva týmy mít čtyři studenty. Takto sestavené týmy budou pracovat na jednotlivých úkolech těchto opor po celou dobu studia předmětu „Navrhování RTP“. Jednotlivé zadávané úkoly budou vždy platit pro tým studentů. Proto je potřeba si úkol vždy rozdělit mezi jednotlivé studenty v týmu. Co každý student v týmu vypracoval, bude vždy uvedeno na začátku vypracovaného úkolu.

Doporučujeme, aby v každém týmu byli studenti se strojním zaměřením, zaměřením na řízení, navigaci apod. Takováto různorodost zaměření je v oblasti navrhování a aplikování servisních robotů potřebná s ohledem na široké spektrum požadavků.

Pokyny ke zpracování každé úlohy:

- Každá úloha bude vypracována písemně v textovém editoru WORD.
- Každá úloha bude obsahovat titulní stranu, kde bude uvedený název opor, jména studentů příslušného týmu (včetně jejich podpisů) a číslo úlohy (je uvedeno vždy v modrém poli – úlohy k řešení).
- V úvodu každé úlohy bude jmenovitě uvedeno, kdo zpracoval jakou část daného úkolu.
- V závěru textové části každé úlohy bude uvedena použita literatura.
- Každý úkol bude odevzdán na MOODLE (v předmětu „Navrhování RTP“) ve stanoveném termínu.
- Při nedodržení termínu odevzdání úlohy bude provedena srážka bodů (viz pokyny na MOODLE).
- Dotazy k jednotlivým úlohám mohou studenti řešit s tutorem na cvičeních v průběhu semestru.



Shrnutí pojmů 1.1.

Týmová práce, sestavení týmů.

2 KLASIFIKACE A ZÁKLADNÍ POJMY V OBLASTI RTP

Kapitola se zabývá definováním vybraných základních pojmů z oblasti navrhování RTP, klasifikací požadavků na PR a jednotlivé typy RTP, faktory ovlivňujícími návrh RTP, charakteristikami provozu průmyslových robotů a periferních zařízení pro strojírenské aplikace apod.

2.1 Klasifikace základních pojmů a požadavků na RTP



Čas ke studiu: 2 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Definovat základní pojmy v oblasti navrhování RTP.
-  Definovat požadavky na RTP a výrobní systémy.



Výklad

Průmyslové roboty se vyrábějí sériově, mají různou kinematickou strukturu a jsou nosným prvkem robotizovaných technologických pracovišť, dále jen RTP. Všechno ostatní vybavení RTP kromě průmyslového robotu (může jich být i více) se nazývá periferní vybavení.

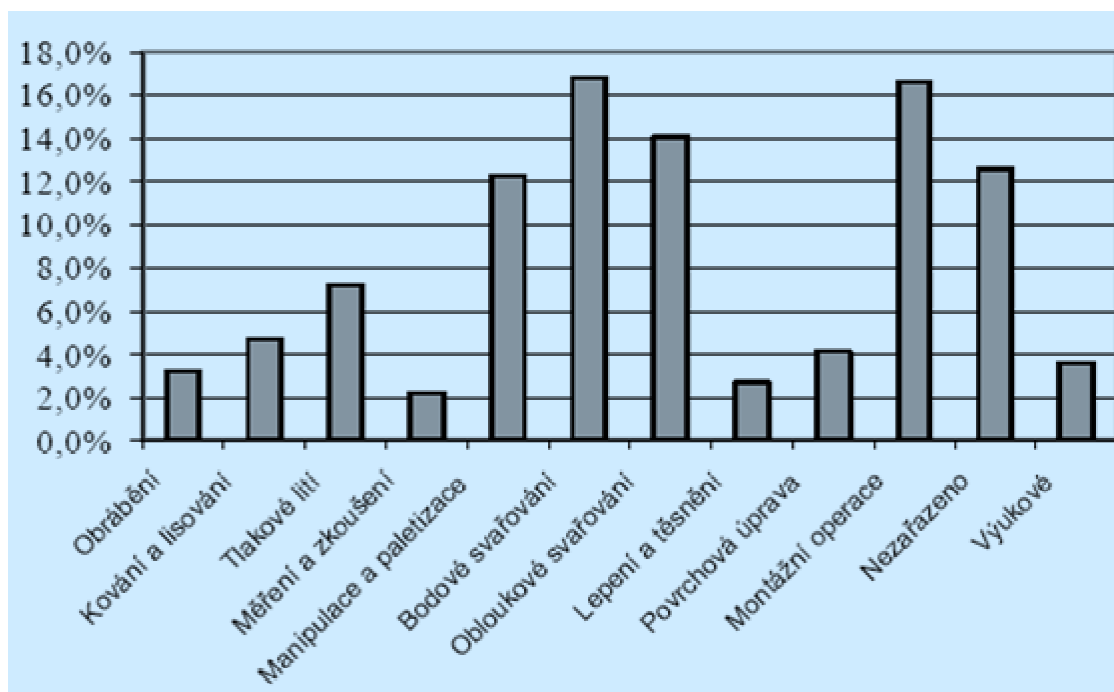
Veškerá strojírenská technika se pod tlakem konkurence stále vyvíjí a jedním z perspektivních směrů rozvoje je robotizace. Předpokládá se, že potřeba robotů a robotizace technologických pracovišť poroste, tak jak rostou potřeby zákazníků, hlavně z hlediska kvality produktu (výrobků), ale také kvantity, termínu dodávek, ceny apod. Proto účelně navrženy a řešeny robotizované výrobní systémy, mohou tyto požadavky splnit a dále se rozvíjet. Z uvedeného lze specifikovat základní požadavky na rozvoj podniků, které mohou vyvolat potřeby robotizace:

- Vývoj nových technologií.
- Modernizace výrobních systémů.
- Inovace výrobních prostředků.
- Inovace výrobků.
- Humanizace práce, rozvoj lidských schopností a vznik nových profesí.
- Zvyšování produktivity práce.
- Odstraňování pro člověka namáhavé, zdraví škodlivé a monotónní práce.
- Zajištění ekologie a dalších požadavků plynoucích ze životního prostředí.
- Progresivní řešení metod řízení výroby (CIM, CAD/CAM, CAPP, CAQ, apod.)
- Rozšíření výrobních kapacit.
- Dalších specifických požadavků apod.

Již před deseti lety bylo odhadováno, že počet ve světě vyrobených robotů přesáhl jeden milion využitelných robotů v nejrozličnějších technologiích, jak ve strojírenské výrobě,

tak také v nestrojírenských aplikacích. Právě nasazování průmyslových robotů umožňuje dodržovat kvalitu výrobků bez výkyvů. Při správném optimálním řešení lze dosáhnout i zvýšené využití automaticky pracujícího zařízení. Jedním z prostředků automatizace může být i vhodně koncipovaný robot na robotizovaném technologickém pracovišti, tak, aby vyhovoval všem konkrétním podmínkám dané výrobní technologie, manipulaci či jiné požadované funkci. V minulosti právě nezohlednění všech konkrétních podmínek při nasazování průmyslových robotů na robotizovaných pracovištích vedlo k neúspěchům a tím také ke špatným zkušenostem robotizování výrobních úseků. Dalším zdrojem neúspěchu bylo i to, že řídicí systémy byly velmi drahé, značně poruchové a nebyl dostatek dalších spolehlivých zařízení [1, 3, 5, 6, 11, 13].

Nasazováním modernizované výpočetní techniky, která je rok od roku dokonalejší, méně poruchová a v mnohých parametrech dokonalejší, předčí mechanické součásti strojního zařízení. Proto nic nebrání tomu, aby byla i plně využívána a přinesla zásadní změny v inovačních záměrech výrobních i nevýrobních podniků. Proto je zapotřebí správně pochopit význam inovačních činností a řeší automatizaci a robotizaci provozů a tím zvyšovat podíl výrobních i nevýrobních činností vykonávaných robotem. Úroveň automatizace a robotizace není ve všech zemích stejná. Dlouhodobě jsou ve statistikách na prvních místech uváděny státy, jako je Japonsko, USA, Německo, Itálie a další. Mezi jednotlivými státy jsou však rozdíly. Předpokládá se, že v Japonsku je využíváno téměř 50% celosvětově uváděných robotů a manipulátorů. Využití robotů a manipulátorů je v nejrůznějších aplikacích průmyslových odvětví i mimo ně. Obr. 2.1 znázorňuje odhadované podíly jednotlivých realizovaných RTP (shrnuté informace z internetových stránek od firem FANUC, KUKA a REIS apod.). Uvedené procentuální počty robotů jsou pouze informativní čísla využívaných robotů (nejsou započteny pracoviště realizovaná za posledních cca 5 let) [5, 6, 11].



Obrázek 2.1 - Odhadované podíly realizovaných RTP



Pojmy k zapamatování

Navrhování robotizovaných technologických pracovišť (RTP) lze chápat jako kontinuální tvůrčí činnost technicko-ekonomického charakteru, která především předpokládá zpracování variant řešení technologií výroby a montáže strojních součástí a technicko-organizačních variant uspořádaných ve výrobních systémech (VS).

Navrhování RTP ve variantním uspořádání a řešení výrobního systému, umožňuje nalézt řešení, které bude optimálně využívat všech zdrojů (materiálů, energií, ploch apod.), prostředků (výrobních, manipulačních, kontrolních apod.) a pracovních sil, které přímo ovlivňují efektivnost a produktivitu práce. Při navrhování RTP ve VS je nutno postupovat komplexně a systémově. Prvním fází systémového postupu je zvládnutí problematiky výrobního procesu tj. dané konkrétní technologie, a následně lze přistoupit k vlastní problematice navrhování – projektování VS. Pokud nejsme při navrhování RTP odborníky na technologii výrobního procesu, pak je nutné si tuto technologii nechat zpracovat do požadované podrobnosti technologických postupů. Z takto vypracovaných technologických postupů budou zřejmé časové nároky, typy strojů a velikosti vyráběných dávek výrobků apod.

Výrobní proces ve strojírenském závodu je dán souhrnem technologických, manipulačních a řídicích činností, jejichž účelem je měnit tvar, rozměry, jakost, složení a spojení materiálů, polotovarů a výrobků do předem definovaných produktů výroby - výrobků. Takto definovaná výroba probíhá v určitých technicko - ekonomických podmínkách, které jsou charakteristické pro danou výrobu, jejich cílem je dosažení maximálního zisku při plném uspokojení zákazníka [5, 6, 9, 11].

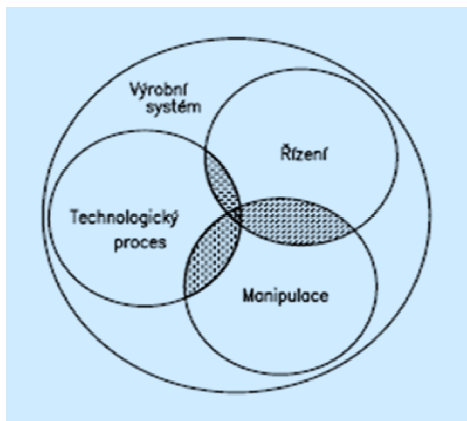
Výrobní proces - je uskutečňován ve výrobních systémech, které lze obecně charakterizovat jako věcné, technologicky, časově, prostorově a organizačně jednotné seskupení hmotných zdrojů (materiálů, energií, výrobních a pracovních prostředků) a pracovních sil určených pro výrobu vybraného sortimentu výrobků.

Technicko organizační úroveň výrobních systémů, jejich specializační struktura, stupeň mechanizace, automatizace nebo robotizace, kooperace a integrace závisí na vzájemném působení různých faktorů. Mezi nejdůležitější faktory patří:

- materiál a polotovary,
- výrobek (konstrukčně technologická koncepce),
- technologie výroby (obrábění, tváření, svařování, montáž apod.),
- pracovníci (odbornost, klasifikace, pracovní prostředí apod.),
- energie (druh, množství, způsob předávání apod.),
- organizace (časová a prostorová).

Na obr. 2.2 je zjednodušeně znázorněna obecná struktura výrobního procesu. Z obecné struktury systému výrobního procesu si lze analýzou problematiky uvědomit, jakými opatřeními je možno zdokonalovat výrobní procesy. Objektem zdokonalování výrobních procesů jsou jak výrobní metody, tak také výrobní struktury. Studium problematiky výrobních metod lze dojít k závěru, že výrobní metody jsou poměrně stabilní, počet nových technologií

je poměrně malý a dá se říci, že nepřekročil několik desítek. Naproti tomu výrobní struktury zaznamenávají dynamický rozvoj [5, 6, 11, 14].



Obrázek 2.2 - Obecná struktura systému výrobního procesu

Důležité jsou také vztahy mezi konstrukcí a technologií, výrobními prostředky a organizací výroby apod. Nutným předpokladem "efektivnosti" výrobního procesu je technicko- ekonomická vyváženost nejdůležitějších prvků a provozních podmínek výrobního systému, která je zejména závislá na tvůrčí aktivitě člověka. Tato aktivita způsobuje určité změny - inovace, tj. změny jednotlivých prvků výrobního systému, které se projevují určitými efekty, např. v objemu výroby, produktivitě, výrobních nákladech apod. Aktivita je podmíněna především:

- a) **kritériem efektivnosti** - zpětnou vazbou mezi efekty a aktivitou (je vyžadována taková inovace, která vyvolá určité efekty, tj. nejčastěji se lze setkat při technologickém projektování s požadavky, které by měly vyvolat následující efekty:
 - ve změně objemu výroby - lze docílit např. násobením zdrojů materiálových, časových apod.,
 - ve změně produktivity práce - lze docílit např. technologickým nebo organizačním opatřením v rámci racionalizace výrobního procesu,
 - ve změně ukazatelů měrné spotřeby např. pracnosti, materiálů, nákladů apod. V takovém případě se jedná většinou o dílčí nebo koncepční změny v rámci modernizace výrobních procesů i výrobků.
- b) **kontrolou okolí** - zpětnou vazbou mezi aktivitou vyvolanou vnitřním vývojovým procesem a potřebou či podmínkami okolí, to znamená, že se žádají především inovace reálné, např. z hlediska zdrojů (materiálových, energetických, prostorových apod.) a společenské prospěšnosti.

Potřebným předpokladem k realizaci změn (inovace) u jednotlivých prvků výrobních procesů a systémů (vyplývají z jejich vzájemných vztahů), je rychlé přizpůsobení konstrukčních, technologických a projektových podkladů a materiálně technického vybavení výroby podle nejprogresivnějších technickoorganizačních poznatků a ekonomicky nejvýhodnějších variant řešení.

Požadavky na racionální - účelné a efektivní řešení složitých procesů interdisciplinárního charakteru vyvolaly nezbytnost nových vědních oborů (např. teorie systémů, operační analýzy apod.), které umožňují posoudit (analyzovat) systémově a komplexně řešené problémy pomocí matematických nebo simulačních modelů. S ohledem na složitost reálných procesů nelze v některých případech pomocí modelu zobrazit všechny vlastnosti reality. Proto lze model chápat jako zjednodušený obraz skutečnosti, který však musí vždy zobrazit podstatné vlastnosti reálného procesu z hlediska účelu, ke kterému má sloužit. Častou příčinou neshody modelu s realitou bývá přílišné zjednodušení modelu či nespolehlivost, nepřesnost, eventuelně neúplnost údajů pro stanovení parametrů modelu. V současnosti pro řešení úloh technologického projektování jsou využívány matematické nebo simulační modely.

Matematické modely mohou být buď stochastické (obsahují náhodné prvky) nebo deterministické (vztahy i struktura prvků v modelu je předem pevně určena). Podle závislosti, zda veličiny činnosti prvků v modelu závisí nebo nezávisí na čase, lze rozlišovat modely dynamické nebo statické. Matematické modely užívané např. v operační analýze a na nich založené algoritmy bývají exaktní (optimalizační) nebo přibližné (suboptimalizační). V obou případech jde o metody interakční, které umožňují v konečném počtu iterací dosažení optimálního řešení nebo jisté přiblížení k optimu. Metody suboptimalizační mohou být heuristické - využívají zkušeností získané v průběhu konstrukce modelu a jeho řešení nebo simulační, založené na experimentování s počítačovým modelem reálného výrobního systému s cílem získat informace o dynamických charakteristikách činností systému [3, 5, 6, 11].



Pojmy k zapamatování

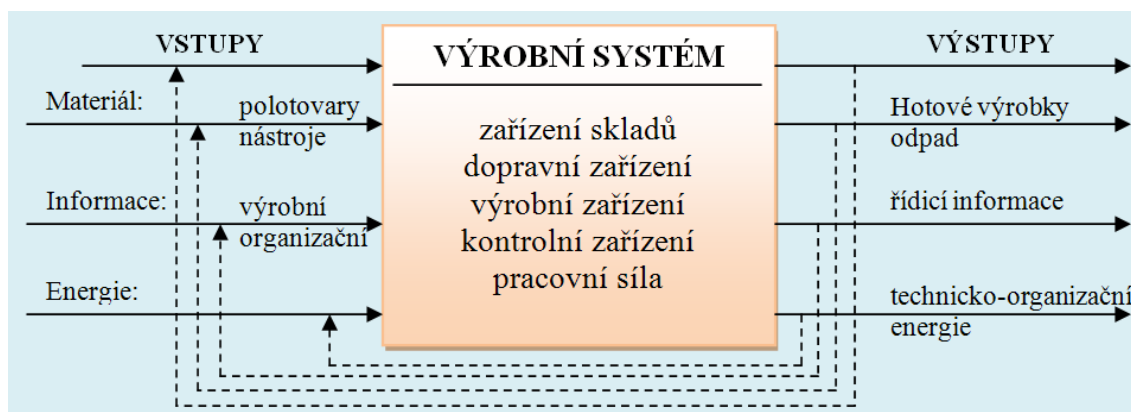
Každý model zobrazuje realitu výrobního procesu v systémovém pojetí. **Systém** lze chápat jako uspořádanou množinu prvků a vzájemné vazby mezi těmito prvky, které ovlivňují chování systému jako celku ve vnitřní struktuře, ale také vůči okolí. Vazby, které působí mezi systémem a jeho okolím, jsou označeny jako vstupy (podněty, stimuly) a výstupy (odezvy, reakce) a to podle směru orientace vazby jak znázorňuje obr. 2.3 [2, 5, 6, 8, 11, 24].

Jestliže má mít úloha reálný smysl, je potřeba se vždy omezit jen na konečný počet definovaných vazeb na okolí, tj. zaměřit se pouze na ty vazby, které jsou "rozhodující pro řešení" výrobního systému. Podle vzájemného působení systému a okolí působí na systém - vstupy, ale i cesty, jimiž systém působí na okolí - výstupy. Vzhledem ke značné složitosti reálných výrobních systémů jako celku se musí často pro hlubší poznání vlastností systému provést jeho dekompozice tak, aby byly zachovány jeho vlastnosti jako celku. Musí být bezpodmínečně zachována jeho integrita a soudržnost. To znamená, že systém nesmí být zúžen, ztratit při dekompozici libovolnou část a musí být zachována možnost opětovného spojení do celku. Pro dekompozici výrobních systémů lze v podstatě využít kritéria:

- **topologického** - dává možnost minimalizace vazeb dekomponovaného systému okolím.
- **funkčního** - kde lze vymezit např. množinu základních makrofunkcí a vyjádřit ji ve tvaru matematického modelu. Množina základních funkcí odpovídá určité formulovatelné fázi dílčího výrobního procesu, např. příprava materiálu, obrobna

apod. Při této dekompozici systému je potřeba vhodně formulovat makrofunkci ve vztahu k základnímu procesu (technologické, dopravní, kontrolní) a brát v úvahu možnost změn identifikace vstupních a výstupních vazeb základních funkcí.

- **věcného** - do subsystémů jsou zařazeny prvky společných vlastností (stejně povahy), subsystém tvoří homogenní prvky (organizační, technologické, manipulační) např. montáž, expedice, sklady apod.



Obrázek 2.3 - Schéma výrobního systému vztahy mezi vstupy a výstupy

Ve výše uvedených případech je nutno uvažovat, že jde o hierarchické pojetí při dekompozici složitěho systému do jednotlivých podsystémů. To vyjadřuje rovněž vztahy podřízenosti a nadřízenosti a umožňuje to využít výhody modulárního řešení. Každý nově získaný subsystém pomocí dekompozice může být tvořen na určité rozlišovací úrovni, ve které jsou prvky tohoto podsystému považovány za dále nedělitelný celek. U každého systému lze rozlišovat dvě základní charakteristické vlastnosti [3, 5, 6, 11, 23]:

- chování systému,
- struktura systému.

Chování prvků systému se dá definovat jako závislost mezi vstupy a výstupy. Každý prvek má minimálně jeden vstup X a minimálně jeden výstup Y . Každý prvek se nachází vždy v určitém stavu (označeno jako V). Počet prvků v systému je konečný. Ke každému vstupnímu vektoru X a ke každému stavu daného prvku je jednoznačně určen výstupní vektor Y .

Stav systému - je definován technicko-organizačními podmínkami jednotlivých prvků s reálnou kombinací rozhodujících prvků (např. stroj-nástroj-obrobek), které umožňují za určitých podmínek transformaci vstupů na výstupy.

Struktura systému – charakterizuje soubor prvků a jejich vlastností, funkční vztahy a jejich uspořádání v prostoru a charakter jednotlivých vazeb (sériová, paralelní, zpětná).

V případě popisování výrobních systémů je potřeba:

- definovat prvky systému a jeho okolí,
- specifikovat funkční vazby prvků včetně jejich charakteru (např. závislost mezi vstupy a výstupy - věcné, technologické, časové i prostorové),

- definovat uspořádání prvků v prostoru.

Základní podmínky pro projektování výrobního systému jsou zejména dány výrobním programem, který podstatně ovlivňuje strukturu (specializační) výrobního profilu nového budoucího systému. Výrobní program je určen sortimentem, kvalitou a množstvím výrobků vyrobených za definované časové období (zpravidla 1 rok). Výrobní program lze rozložit do jednotlivých výrobních úkolů (např. podle zakázek, tvarové a technologické podobnosti apod.) [5, 6, 11, 17].

Výrobní úkol je definován:

- produkovaným množstvím (sériovost, opakovatelnost výroby apod.),
- termínem odvádění úkolu (dohotovosti zakázky),
- pracnosti výroby nebo montáže v normohodinách (normominutách) na kus.

Výrobní úkol lze rovněž definovat pomocí posloupnosti operací a počtem operací. Operace lze chápat jako relativně samostatnou část výrobního postupu a je charakterizovaná:

- pořadím ve výrobním postupu,
- požadavky na jakost výroby,
- přiřazením k technologickému či pracovnímu úseku (např. pomocí kódu),
- pracností N_h/ks , N_{min}/ks ,
- množstvím a druhem odpadu,
- souborem výrobních pomůcek apod.

S ohledem na požadavky výrobního programu (případně výrobních úkolů) s přihlédnutím k jeho stabilitě a perspektivě a zároveň s ohledem na specializaci, integraci a kooperaci výrobních procesů lze specifikovat výrobní profil. **Výrobní profil** je dán zejména strukturou strojů, zařízení (výrobní, kontrolní, manipulační apod.) a výrobních pomůcek. Funkční a kapacitní možnosti vyplývá z požadavků výrobního programu.

V případě, že dojde ke změnám prvků a jejich vztahů v systému (proporcionální, strukturální, kvalitativní i kvantitativní), které mohou být vyvolané určitým stupněm aktivity, dochází k inovaci. U těchto inovací jde o poměrně složitý vývojový proces.

Kvalitativní změna jednoho původního prvku výrobního systému může být absorbována například:

- rozmnožením kvanta ostatních prvků,
- rozmnožením ostatních prvků a změnou vztahů mezi nimi,
- úplnou absorpcí, při níž vznikají kvalitativní změny dalších prvků a rovněž dochází ke změně vztahů mezi nimi.

Dané varianty uvedených absorpcí nemusí proběhnout tak, že se plně a okamžitě využije všech nových a rozhodných vlastností jednotlivých prvků. To znamená, že se musí setkat s postupnou absorpcí kvalitativních změn. Zdokonalení výrobního systému a jeho vnitřní struktury jako celku vyžaduje komplexní tvůrčí aktivitu. Samotné sebeprogresivnější zdokonalování elementárních vztahů a jejich prostá zařazení do výrobního systému zdaleka není jeho "zdokonalováním" a nezajišťuje samo o sobě dosažení kladných efektů. Čím má inovace vyšší řád:

- tím větší pozornost se musí věnovat způsobu její absorpce,

- tím je dosažení reálného efektu stále více závislé na teoretickém přístupu a na použití vědeckého způsobu a poznání zákonitostí absorpčního procesu.

K tomu, aby byl způsob řešení absorpčního procesu adekvátní progresivitě podnětných inovací, je nutná zvláštní lidská aktivita, která má za úkol dávat shluku inovací určitý řád a odpovídající průběh v prostoru a čase [3, 4, 5, 6, 11].

Lidská aktivita se nemůže skládat pouze z jednotlivých profesionálně specializovaných tvůrčích aktivit (zaměřených pouze na vývoj a zdokonalování strojů, energií, surovin výrobků, změnu kvalifikace lidí apod.), ale musí být orientována na projektování celého komplexu elementárních inovací (sestavení nejvýhodnějších kombinací elementárních inovací), tzn., že musí být zaměřena na komplexní vyřešení inovace jako celku.

2.1.1 Etapy navrhování

V případě respektování platné zásady technologického projektování nových či modernizovaných výrobních systémů pak lze tyto činnosti rozdělit do dvou základních etap s časovou návazností:



Pojmy k zapamatování

1. **Předprojektová etapa** - zaměřená především na otázky koncepce budoucího výrobního systému, tzn. stanovení výchozích předpokladů rozvoje výrobně technické základny z hlediska systémového a komplexního přístupu.
2. **Projektová a realizační etapa** - v podstatě upřesňuje a rozpracovává základní koncepci výrobního systému včetně zpracování technické, projektové a realizační dokumentace.

V předprojektové etapě jsou řešeny následující otázky:

- konstrukčně-technologická koncepce výrobků s ohledem na snižování materiálové, energetické, tvarové a nákladové náročnosti,
- optimalizace struktur výrobních programů se zaměřením na snižování sortimentu zejména součástkové základny a to cestou konstrukčně-technologické standardizace, hospodárné specializace a kooperace výroby,
- stability výrobního programu, perspektivy a proporcionalitě k výrobnímu profilu,
- uplatňování progresivních technologií se zaměřením na snižování pracnosti, materiálové a energetické náročnosti výroby,
- definování časových limitů pro realizaci stavby apod.,
- základní koncepce a strategie z pohledu automatizace a integrace výroby, stanovení optimálních výrobních struktur, metod plánování a řízení výroby apod.

Pro kvalitní zpracování projektu je nutné tyto problémy znát. Z toho je zřejmé, jak obsáhlá a náročná je fáze v systémovém a komplexním pojetí technologického projektování. Všechny potřebné podklady pro předprojektovou etapu lze získat od specializovaných útvarů podniku a od vrcholového managementu. V návaznosti na tuto analýzu lze kvalitně připravit projektovou studii, která je zaměřena na koncepci rozvoje výrobně technické základny. Výstupem z této etapy jsou jednoznačně definované parametry cílového řešení a stanovené optimální způsoby jejich docílení v požadovaném množství, čase a kvalitě [5, 6, 10, 11].

V projektové etapě, která rozpracovává a upřesňuje základní koncepci rozvoje výrobně technické základny (výrobního systému). Tuto etapu lze rozdělit do třech úrovní:

- rozborová,
- návrhová,
- realizační.

V praxi se realizuje rozdělení na předprojektovou a projektovou etapu. Projektová část technologického projektu se provádí většinou ve 2 úrovních.

První stupeň projektové etapy je zaměřená zejména na otázky konstrukčně - technologické, tzn., že analyzuje součástkovou základnu z hlediska tvarů, rozměrů, jakosti, sériovosti, opakovatelnosti výroby a vyhledává technicky reálné varianty technologií.

Druhý stupeň projektové etapy upřesňuje a doplňuje řešení prvního stupně se zaměřením na otázky technicko - organizačního charakteru, tzn. na návrh specializačních, časových a prostorových struktur, pracovního prostředí, materiálových a informačních toků apod. [5, 6, 11]

Komplexní projektová dokumentace - technická, projektová a realizační dokumentace, potřebná pro úplnou realizaci výrobního systému a následné zahájení výroby.

Vstupní podmínky pro realizaci technologického projektování strojírenských procesů lze v podstatě roztřídit do čtyř oblastí:

- věcná, daná strukturou výrobního programu a profilu,
- procesní, zaměřené na technologické, manipulační činnosti, kontrolní činnosti apod.,
- technicko - organizační, která je dána časovou a prostorovou strukturou strojírenského procesu,
- sociální, danou zejména kvalifikací a profesní strukturou pracovních sil včetně požadavků pracovního prostředí.



Shrnutí pojmů 2.1.

RTP, výrobní proces, výrobní systém, efektivnost, prvek systému, struktura systému chování systému, model, výrobní profil, předprojektová etapa, projektová etapa, realizační etapa, komplexní projektová dokumentace.



Otázky 2.1.

1. Co je to RTP?
2. Jak lze definovat výrobní systém?
3. Co je to předprojektová etapa?



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na všechny tři otázky, úspěšně jste zvládli tuto podkapitolu. Dejte si nyní oddech před dalším pokračováním ve studiu.

2.2 Navrhování uskupení RTP a výrobních systémů



Čas ke studiu: 2 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Definovat základní struktury RTP.
-  Definovat koncepci jednotlivých struktur.
-  Definovat varianty řešení.



Výklad

U každého navrhovaného RTP jsou zpracovány informace, ke kterým nezbytně patří i začlenění RTP do výrobního systému. Bude vyžadováno nejen optimální řešení RTP, ale také optimální návrh začlenění do výrobního systému. Proto je nutné zabývat se také rozčleněním možných řešení RTP, jako stavebních prvků výrobního systému. To umožňuje postupovat při tvorbě RTP systematicky a na základě systémového přístupu navrhnout optimální řešení.

Informační zajištění projektových činností se zaměřením na robotizované výrobní systémy umožňuje klasifikovat stavební prvky a prostředky a další informace. Na základě klasifikačních znaků lze rozlišovat sedm úrovní stavebních struktur:

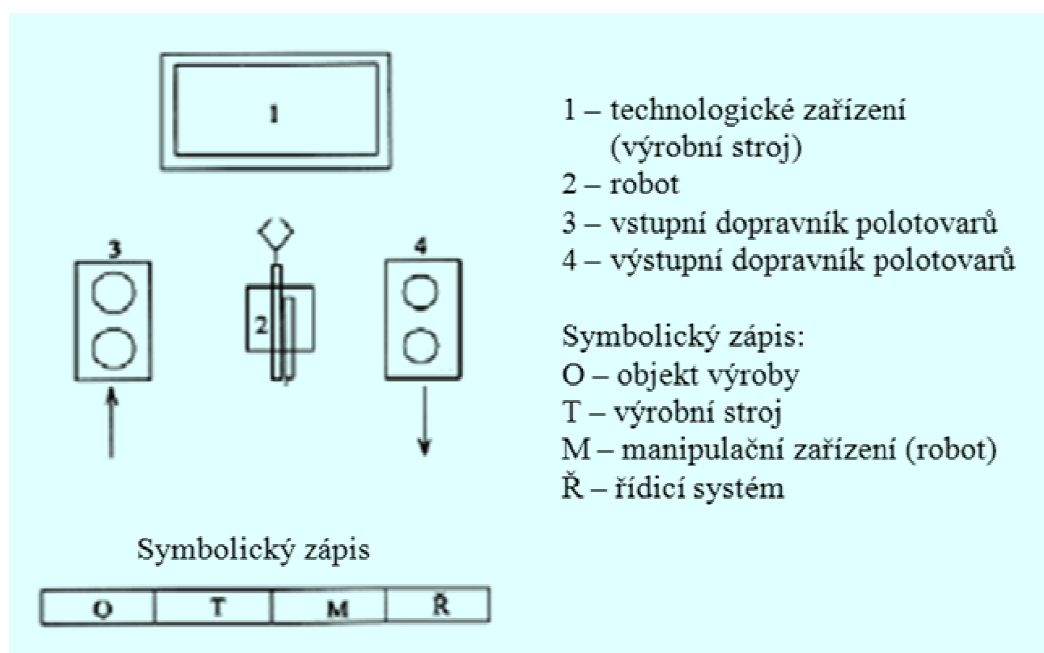
- robotizovaný modul,
- robotizovaná buňka,
- skupina robotizovaných buněk,
- pružný robotizovaný systém,
- robotizovaná linka,
- robotizovaný provoz,
- robotizovaný závod



Pojmy k zapamatování

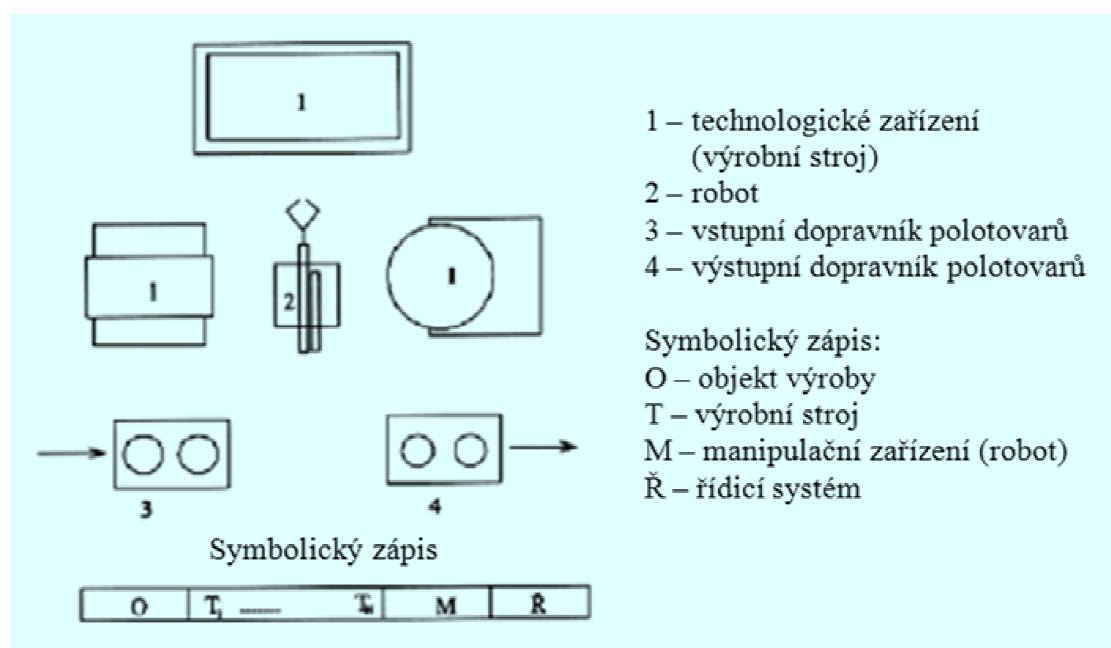
Robotizovaný modul - je základní provozní jednotkou, která je schopna samostatné automatizované funkce a zároveň je stavebním prvkem pro výstavbu vyšších úrovní seskupení, jak znázorňuje obr. 2.4. Robotizovaný modul je charakteristický tím, že zajišťuje tři hlavní skupiny operací bez zásahu člověka [3, 5, 6, 11, 30]:

- technologický proces, uskutečňovaný na automatických nebo automatizovaných strojích, případně je to technologický proces uskutečňovaný robotem, který je označován jako technologický robot (svařovací, pro provádění povrchových úprav apod.),
- manipulační operace, zajišťují přísun materiálů a polotovarů k technologické operaci, odebírání součástí z dopravníků a ze zásobníků, vkládání do strojů a vyjímání z nich, ukládání do zásobníků nebo na expediční přepravky apod.,
- řízení veškerých funkcí robotizovaného modulu, výrobních, manipulačních, kontrolních, včetně vazeb na prostředí, ve kterém je modul realizován.



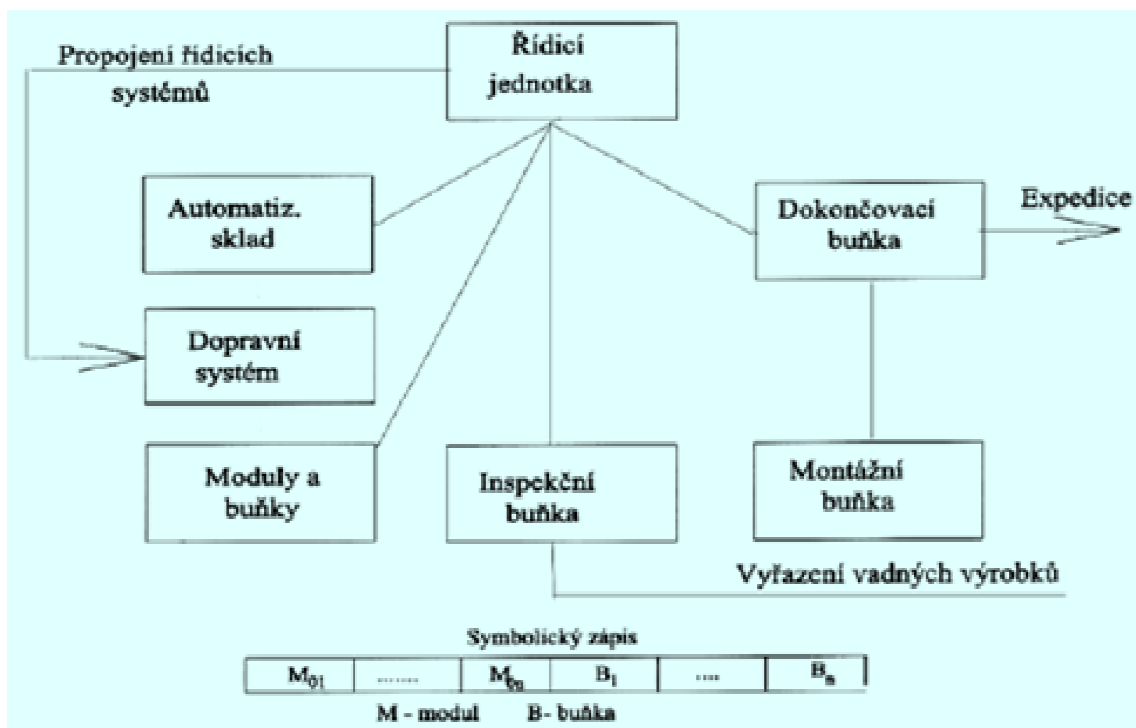
Obrázek 2.4 – Příklad robotizovaného modulu

Robotizovaná buňka - vzniká v případě zvýšení počtu technologických pracovišť, počtu výrobních strojů v modulu, případně seskupením více modulů do jednoho celku a integrací činností na jednom robotu, jak znázorňuje obr. 2.5.



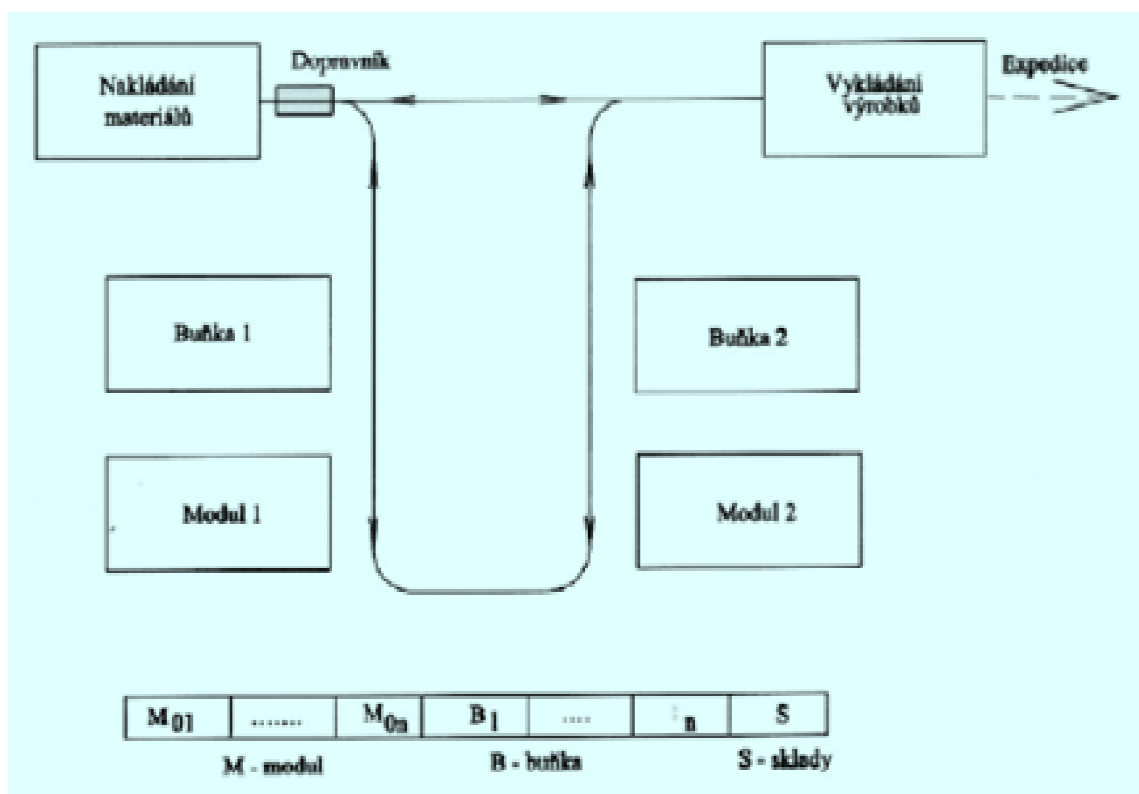
Obrázek 2.5 – Příklad robotizované buňky

Skupina robotizovaných buněk - vznikne integrací několika modulů nebo buněk příbuzného typu do účelového seskupení. Vzájemné propojení buněk je zjištěno systémem mezioperační dopravy, která je řízena centrálně. Příklad seskupení buněk a modulů do skupiny robotických buněk znázorňuje obr. 2.6.



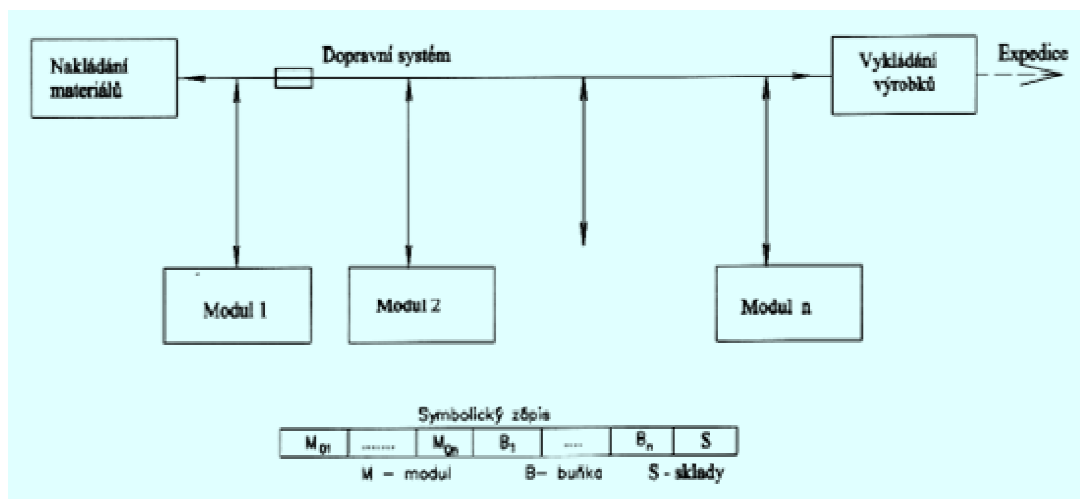
Obrázek 2.6 – Schéma seskupení buněk a modulů do skupiny robotických buněk

Pružné robotizované systémy - vzniknou integrací robotizovaných modulů, buněk, případně jejich skupin s různou úrovní výrobních funkcí. Příklad pružného robotizovaného systému znázorňuje obr. 2.7.



Obrázek 2.7 – Schéma pružného robotizovaného systému

Robotizované linky - lze posuzovat na stejné úrovni jako pružné robotizované systémy, mají pevnější vazbu modulů a buněk, která je závislá na technologickém postupu výroby. Jednotlivé robotizované moduly a buňky propojuje navzájem dopravní systém. Příklad robotizované linky znázorňuje obr. 2.8.



Obrázek 2.8 – Schéma robotizované linky

Jak vyplývá z uvedených seskupení, lze při použití robotů sestavit různý stupeň automatizace výrobního procesu. Z hlediska složitosti a komplexnosti automatizace s využitím robotů lze definovat členění podle následující hierarchie:

- robotizované technologické pracoviště (nebo jenom robotizované pracoviště či RTP),
- robotizovaný výrobní systém,
- robotizovaný výrobní provoz (závod).

Prakticky se dají kombinovat různé varianty řešení. Pro praktické použití existuje řada možných struktur robotizovaných výrobních systémů. Vytvořené struktury nemusí být definitivní a lze je dále dotvářet. V uvedených základních strukturách je jeden nebo více výrobních strojů, obsluhovaných jedním nebo více roboty s potřebným periferním zařízením, včetně kontrolního a monitorovacího zařízení. Různorodost a rozvíjení variant řešení je dán zejména odlišným způsobem řešení toku materiálů a použitým informačním systémem. Obecně lze varianty jednotlivých struktur robotizovaných výrobních systémů členit následujícím způsobem [4, 5, 6, 11, 28]:

- Robotizovaný výrobní systém s automatizovanou operační manipulací realizovanou robotem, přičemž tento obsluhuje jeden nebo více na sobě nezávisle pracujících výrobních strojů.
- Robotizovaný výrobní systém s automatizovanou operační manipulací realizovanou robotem. Robot obsluhuje více výrobních strojů na sobě závisle pracujících v navazujících technologických operacích s automatizovanou meziperační manipulací, kterou také vykonává robot.
- Robotizovaný výrobní systém s automatizovanou operační manipulací realizovanou robotem, s automatizovanou meziperační manipulací mezi stroji, která je vykonávána speciálním dopravním zařízením.

- Robotizovaný výrobní systém s automatizovanou operační manipulací realizovanou robotem, který má vlastní pojezd a tím může vykonávat funkce mezioperační manipulace nebo obsluhovat více současně pracujících výrobních strojů.

Následující struktury výrobních systémů s robotem zahrnují komplexní automatizaci výrobního procesu, řešení mezioperační dopravy, skladů apod.

- Robotizovaný výrobní systém, ve kterém je zahrnutý sklad se zakládačem, dopravní systém, roboty se vstupním a výstupním rozhraním a výrobní stroje.
- Robotizovaný výrobní systém, ve kterém je zahrnutý sklad se zakládačem, podvěsný dopravní systém, roboty se vstupním a výstupním rozhraním a výrobní stroje.
- Robotizovaný výrobní systém, ve kterém je zahrnutý sklad se zakládačem, roboty se vstupním a výstupním rozhraním a výrobní stroje.
- Robotizovaný výrobní systém, ve kterém je zahrnutý sklad, transportní robot, roboty se vstupním a výstupním rozhraním a výrobní stroje.
- Robotizovaný výrobní systém, ve kterém je zahrnutý sklad, robot pro zajištění dopravy, operační robot se vstupním a výstupním rozhraním a výrobní stroje.

2.2.1 Základní charakteristické struktury RTP

Z hlediska základních charakteristických struktur lze RTP charakterizovat jako účelové seskupení průmyslových robotů a manipulátorů (dále jen PRaM) a periferních zařízení které provádí v automatickém cyklu manipulační či technologické operace v příslušném výrobním procesu, případně jeho části.

Automatický cyklus může být autonomní bez úseku s lidskou obsluhou nebo je v rámci RTP vřazený úsek operační manipulace s člověkem. V rámci RTP se mohou vytvářet různé konfigurace výrobních zařízení a PRaM [1, 3, 5, 11, 13, 16]:

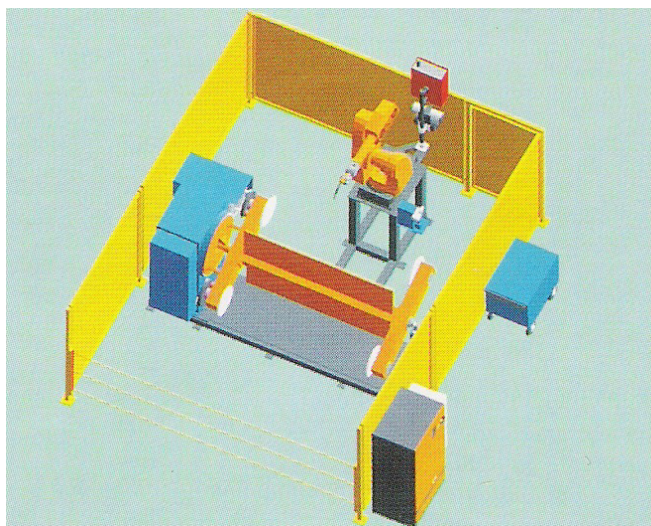


Pojmy k zapamatování

- Jeden PR a jedno technologické zařízení, včetně nutných periferních zařízení (např. zajištění odsávání zplodin, bezpečnosti apod.).
- Jeden PR a více technologických zařízení, včetně nutných periferních zařízení.
- Více PR a jedno technologické zařízení (např. takové, které linkově nenavazuje na předcházející a následné operace, polotovary jsou přepravovány na systémových paletách. Prakticky to může znamenat, že jeden PR provádí odběr nebo umístění na paletu a druhý realizuje vlastní operační manipulaci), včetně nutných periferních zařízení.
- Jeden PR integrovaný s automatickým výrobním strojem (řízení je společné a cyklus je bezobslužný – např. lisy apod.), včetně nutných periferních zařízení.

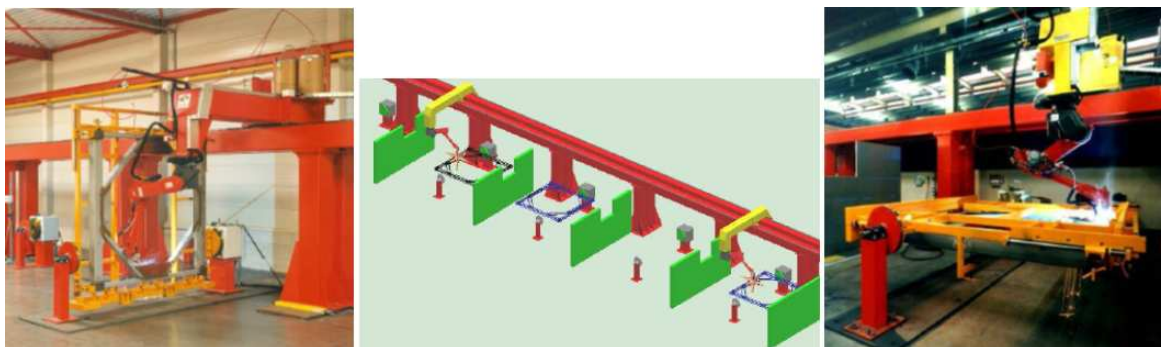
Dalším hlediskem pro rozčlenění vytvářených RTP mohou být vzájemné pohybové vazby:

- PR, periferní a technologické zařízení jsou stabilní, vzájemně spolupracují a jsou umístěné ve vyhrazeném pracovním prostoru. Příklad této varianty znázorňuje obr. 2.9 [33, 47].



Obrázek 2.9 – Schéma RTP se stabilním PR, periferním a technologickým zařízením

- PR není stabilní a přemísťuje se k jednotlivým pracovním místům. Výhodou této varianty je menší počet periferií a lepší využitelnost PR. Nevýhodou je složitější konstrukce a větší cena sestavy robotu s pojezdem. Příklad této varianty znázorňuje obr. 2.10 [35, 46, 48].



Obrázek 2.10 – Schéma RTP s PR na pojezdu

- Pracovní místa jsou pohyblivá a přicházejí k PR. Zde je výhodou, že robot je stabilní, vybavený technologickými efekty. Charakteristickým příkladem této varianty může být pracoviště pro bodové svařování karosérií automobilů a montážní pracoviště. Příklad této varianty znázorňuje obr. 2.11 [35].



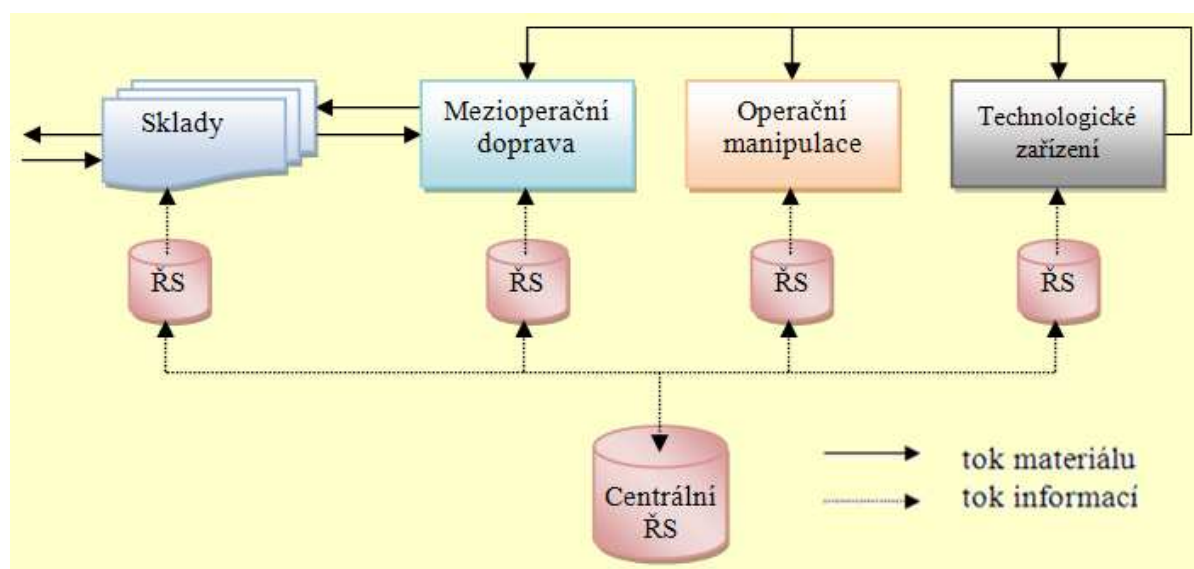
Obrázek 2.11 – Schéma RTP kde pracovní místa jsou pohyblivá a přicházejí k PR

- PR a periferní zařízení jsou stabilní, vzájemně spolupracují a jsou umístěné v mobilní kabině. Zde je výhodou rychlý transport celého robotizovaného pracoviště na vzdálené místo. Charakteristickým příkladem mohou být svařovací kabiny vybavené PR a periferiemi. Příklad této varianty znázorňuje obr. 2.12 [35].



Obrázek 2.12 – Schéma RTP kde PR i periferní zařízení jsou stabilní

Uvedené typy pracovišť jsou kromě průmyslového robotu vybavené potřebným periferním zařízením k zabezpečení autonomního chodu. Nejvíce rozšířenou je první varianta pro všechny oblasti RTP. Lze říci, že jsou organizačně a technicky nejjednodušší. Kromě poslední uvedené varianty vyžadují nejmenší zásah do organizační struktury pracoviště (v případě, že se jedná o robotizaci již existujícího pracoviště). Dále lze charakterizovat první variantu jako podobnou s lidskou obsluhou. Výhodou jsou minimální rizikové faktory a v případě poruchy PRaM lze tento jednoduše zaměnit za rezervní PR nebo jej nahradit lidskou obsluhou. S výhodou se uplatňují tato pracoviště všude tam, kde se robotizují samostatně jednotlivé úseky RTP. Zejména ta pracoviště kde je řešena návaznost na další pracoviště, vazba na sklady a expedici. Schéma struktury komplexně automatizovaného systému a vazby mezi jednotlivými subsystémy znázorňuje obr. 2.13 [3, 6, 11, 12, 16, 18].



Obrázek 2.13 – Schéma struktury komplexně automatizovaného systému

Na obr. 2.13 se PRaM zařazují do subsystému operační manipulace, ale mohou v některých případech plnit i funkci technologického zařízení nebo také mohou pracovat v subsystému mezioperační dopravy. V subsystému mezioperační dopravy mohou plnit úlohy manipulačního charakteru (paletizace, depaletizace, překládání apod.). V subsystému technologického zařízení mohou být aktivním nosičem technologické hlavice apod.

S ohledem na zařazení PRaM do jednotlivých subsystémů ve kterých budou pracovat lze RTP dělit do tří základních skupin:

- RTP operační manipulace,
- RTP technologické,
- RTP manipulační.

V případě, že dojde ke vzájemnému prolínání systémů, vzniknou další struktury RTP. Pro většinu RTP je charakteristické, že robot zajišťuje interakci mezi subsystémy mezioperační dopravy a technologickými zařízeními s cílem dosažení automatické vazby. Funkci PRaM a jednotlivých subsystémů rozšiřují doplňková zařízení (periferní zařízení). Pak lze rozšířit jednotlivé subsystémy na obr. 2.13 o doplňková zařízení.

Základní typ RTP představuje operační manipulace jehož struktura je shodná se základní strukturou. Pro danou úroveň PRaM odpovídá rozsah potřebných periferních zařízení. Obecně lze říci, že čím vyšší generaci má PR tím méně periferních zařízení potřebuje k dosažení autonomní činnosti [10, 11, 12].

Pro technologické RTP je charakteristické, že na koncovém členu PR je upevněn technologický efektor nebo nástroj. Pomocí nástroje působí robot efektivně na objekt zpracování a vykonává tím technologickou operaci. Patří sem i opačný případ kdy robot drží v efektoru objekt zpracování a pohybuje s ním proti staticky umístěnému nástroji (případně technologické hlavici) který může držet jiný robot. Do oblasti technologických RTP lze zařadit:

- většinu RTP svařování,
- RTP povrchových úprav,
- RTP montáže,

Pro manipulační RTP je charakteristické, že tvoří součást subsystému skladů a mezioperační manipulace. Není zde vazba na subsystém technologických zařízení. V tomto případě je PRaM určený výhradně pro manipulační operace. Nové generace PRaM přinášejí i nové možnosti z hlediska budování více profesních RTP [17, 18, 33].



Shrnutí pojmů 2.2.

Robotizovaný modul, robotizovaná buňka, skupina robotizovaných buněk, pružný robotizovaný systém, robotizovaná linka, robotizovaný provoz, robotizovaný závod, struktury RTP.



Otázky 2.2.

4. Co je to robotizovaná buňka?
5. Co je to pružný robotizovaný systém?
6. Jaká je struktura robotizované linky?
7. Jaké mohou být struktury RTP?

2.3 Řízení RTP



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Definovat základní požadavky pro navrhování řízení RTP.
-  Definovat úrovně řízení RTP.
-  Definovat způsoby programování RTP.



Výklad

Řízení RTP určuje a kontroluje výrobní proces, jehož cílem je dosáhnout požadovaného výsledku. Jestliže je proces řízený člověkem (operátorem) jedná se o funkční vztah mezi řídicím subjektem a řízeným objektem. Řídicí subjekt působí na řízený objekt a usměrňuje jeho činnost požadovaným směrem, zajišťující výběr optimální varianty z množiny reálně možných činností takovou nebo takových, které povedou k dosažení požadovaného cíle. Obecně jsou procesy řízení založené na informačních činnostech probíhajících v následujících krocích:

- sběr informací,
- přenos informací a jejich příprava, popřípadě transformace,
- zpracování informací (ze vstupních informací se odvozují informace potřebné pro řízení), zde lze zařadit i informace ze zpětných vazeb,
- distribuce řídicích příkazů k řízeným objektům a jejich následné provedení.

Řízení RTP probíhá na principu zpracovávání informací podle předem definovaného postupu. Do rozhodovacího procesu vstupují potřebné informace, ty se zpracovávají podle zadaných pravidel. Tyto jsou omezeny počtem možných variantních řešení. Řízení robotizovaných systémů jako jsou RTP se předpokládá automatizované [5, 6, 11, 12, 21].



Pojmy k zapamatování

Popis řízení RTP obsahuje řadu souvisejících vazeb. Při zjednodušení a zobecnění problematiky lze specifikovat pět vzájemně působících vazeb, struktur či úrovní:

- rozhodovací,
- funkční,
- organizační,
- informační,
- technickou.

Systém řízení RTP obsahuje syntézu všech jmenovaných úrovní. Rozhodovací úroveň zajišťuje koordinaci výrobních úloh jako celku i částí, koordinaci činností strojů a PR. Funkční vazby zajišťují plánování, operativní plánování a z toho vyplývající řízení strojního zařízení, manipulačních operací a dalších potřebných pohybů. Organizační struktura se

zabývá řízením celého provozu, jeho částí a v neposlední řadě i výrobních strojů a PR. Informační úroveň aktualizuje plán a postup výroby, napomáhá sledovat a koordinovat programy výrobních buněk, technologických postupů, pracovních poloh, pohybů apod. Technická úroveň řízení se zabývá řídicími systémy pro provoz, jednotlivé stroje a roboty.

Porovnáním vlastností stroje s člověkem ve výrobním procesu lze definovat následující kategorie:

- fyzické možnosti,
- funkční možnosti,
- úroveň intelektu.

Fyzické možnosti jsou dány silou, schopností nepřetržité práce, klopnými momenty, pohyblivostí, rychlostí pohybu, spolehlivostí, životností apod.

Funkční možnosti představují universálnost, přizpůsobivost, manipulovatelnost, možnost přemístění v prostoru apod.

Úroveň intelektu se ve výrobních procesech srovnává s úrovní intelektu lidského vědomí. Jde především o vnímání konkrétního prostředí a činnosti, které v něm probíhají, chápání jednotlivosti a souvislosti, paměť a logiku, způsoby rozhodování.

Zobecněním popsaných možností si lze uvědomit, že člověk se vyznačuje především vysokou úrovní intelektu, poměrně vysokou úrovní funkčních možností, avšak omezenými fyzickými možnostmi. Fyzické možnosti lze z pohledu požadavků výrobních procesů charakterizovat jako velmi nízké. Toho k postupným zaváděním technických prostředků od kola (valivé tření) až po nové konstrukce strojů, které mnohonásobně převyšují fyzické možnosti člověka [3, 5, 6, 11, 19, 37].

Nejprve byly stroje poháněny lidskou nebo zvířecí silou, následně nejrůznějšími energiemi. Technické prostředky však člověk řídil sám. Praxe ukazuje na značný rozptyl kvality řízení pouze člověkem v důsledku jeho chyb, nepozornosti apod. I toto bylo řešeno technickou inteligencí a dnešní technika umožňuje vyrábět shodné výrobky, ve vysoké kvalitě, v požadovaném množství apod. To vede také k navržení struktury výrobního systému RTP s přijatelnými parametry, v optimálních podmínkách a je to závislé na navržené úrovni řízení. Moderní pojetí řízení výrobních systémů spočívá v uplatnění výpočetní techniky s číslicovým řízením (označované jako NC řízení).

U řízení PRaM lze rozlišovat dva základní druhy řízení:

- bodové řízení, označované jako PTP (poin to point, od bodu k bodu),
- dráhové řízení, označované jako CP (continuous path, po určené dráze).

Bodové řízení se využívá všude tam, kde se požaduje dosahovat toho, aby PRaM zasahoval do definovaných jednotlivých bodů v prostoru, aniž by mezi těmito body byla nějaká funkční závislost. Tomu odpovídají především obslužné operace obráběcích strojů, licích strojů, lisů, při bodovém svařování apod. U bodového způsobu řízení pohybu koncových členů PRaM lze použít všech druhů pohonů. V některých aplikacích se s výhodou používá pneumatických pohonů kvůli rychlosti, snadné ovladatelnosti apod.

Dráhové řízení se využívá všude tam, kde pohyb PRaM je vázán na technologický proces. Příkladem může být robotizované pracoviště obloukového svařování, stříkání barev nebo jiných hmot, pálení materiálu plamenem, plazmou, vodním paprskem, laserem apod.

Programování RTP procházelo určitým vývojem. Snahou je však zajistit rychlé a jednoduché programování celého pracoviště. Dnes je většina PRaM programována metodou tzv. **učení**, která je v literatuře označována jako „play-back“ (nahrávání-přehrávání). U této metody lze realizovat těmito způsoby [3, 5, 6, 10, 11]:

- **Zprostředkovaně** - provádí se pomocí programovacího panelu, který je součástí řídicího systému robotu. Operátor provádí učení (programování) robotu pomocí ručně zadávaných příkazů na panelu. Panel je s řídicím systémem spojen kabelem. Operátor navádí funkční část hlavičky, efektoru, hořáku apod., do požadovaných bodů, ukládá je do paměti řídicího systému a případně zadává (definuje) tvar dráhy mezi zadanými body, čímž lze vytvářet i požadovanou dráhu pohybu koncového bodu robotu.
- **Bezprostředně** - provádí se přímým vedením výkonného efektoru po požadované dráze v cyklu zapamatování (učení – nahrávání) a následného automatického vykonání cyklu (přehrávání). Prakticky se jedná o možnost programování robotů, které nemají samosvorné pohony (např. hydraulické pohony, používané převážně při stříkání barev apod.). Tento způsob programování umožňuje vytvořit více programu pro jeden výrobek a následně optimalizovat jednotlivé části programu.
- **Pomocí náhradního mechanického systému (loutky)** - provádí se tak, že se k dané struktuře PRaM připojují náhradní mechanické systémy stejné kinematické struktury, vybavené odměřovacími systémy, umožňující zapamatování naprogramovaných bodů, dráhy a dalších parametrů při tzv. učení. Po přecházení na pracovní PRaM je vykonávána činnost tímto robotem tak, jak byla naučena. Tohoto systému se s výhodou používalo tam, kde se nasazovalo více robotů stejného typu. Programování učení odlehčeným ramenem je snadné a rychlé.

V současnosti vývoj řízení PRaM směřuje k vyšším stupňům řízení, především prostřednictvím počítačů přímo programovaných s dispečerských pracovišť. Řídicí systémy využívají snímačů a pomocí získaných informací jsou adaptabilní, přizpůsobují se požadavkům výrobního systému a prostředí. Řada výzkumných a vývojových pracovišť směřuje k využití tzv. inteligentních systémů, které by nebyly programovány v pravém slova smyslu, ale byly by jim zadávány pouze požadované cíle.



Shrnutí pojmů 2.3.

Bodové řízení, dráhové řízení, metoda učení, fyzické možnosti, funkční možnosti, úroveň intelektu.



Otázky 2.3.

8. Co je to bodové řízení?
9. Jakými způsoby lze realizovat metodu učení při programování PRaM?

2.4 RTP a manipulace s materiálem



Čas ke studiu: 2 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat základní pojmy z oblasti manipulace s materiálem ve vztahu k RTP.



Stanovit požadavky na potřebná zařízení zajišťující manipulaci s materiálem ve vztahu k RTP.



Výklad

Manipulace s materiálem představuje významnou roli při navrhování výrobních systému s PRaM a vlastních RTP. Významnou úlohu zde mají příslušná periferní zařízení RTP, která se podílejí na manipulaci s materiálem. Oblast manipulace s materiálem lze rozdělit do několika základních skupin [3, 5, 6, 10, 11, 25, 26]:

- materiálový tok,
- skladování materiálů, polotovarů a výrobků,
- mezioperační a operační manipulace,
- řešení manipulace s materiálem.
- manipulace s odpadem.

Do skupiny materiálového toku lze zařadit následující manipulované objekty:

- materiály a polotovary,
- výrobky,
- nástroje,
- měřicí a kontrolní zařízení,
- pomocné prostředky,
- odpad.

Technické dopravní a manipulační prostředky lze členit na:

- dopravní prostředky:
 - dopravníky, pásové, krokové, článkové apod.,
 - vozíky, nízkozdvižné, vysoko zdvižné, kolejové, kolové, jeřáby apod.,
 - průmyslové roboty a manipulátory, automatizované pojízdné vozíky (indukčně vedené apod.)
- pomocná zařízení:
 - palety,
 - zásobníky,
 - zvedací stoly,
 - otočné stoly,
 - orientační zařízení,
 - efekторы apod.

Proces řešení manipulace s materiálem je podmíněn strukturou výrobního systému, jehož je nedílnou součástí. Pro standardně řešenou výrobu je manipulace s materiálem dána některými požadavky:

- počtem manipulačních operací (2 až 8 manipulací na 1 operaci),
- objemem manipulačních výkonů (dosahuje až 100 násobné manipulace v průběhu výroby),
- průběžná doba manipulací z celkové doby je závislá na příslušném výrobním systému a může dosahovat 20 až 90 %,
- počet dělníků zabývajících se manipulačními úkony včetně technologické manipulace, dosahuje 50 % všech dělníků ve výrobním systému,
- náklady na manipulaci se mohou pohybovat od 20 až do 80% celkových zpracovatelských nákladů.



Pojmy k zapamatování

Při zajišťování výroby je manipulace s materiálem nezbytná. Náklady na manipulační zařízení a na manipulační činnosti jsou ovlivnitelné návrhem výrobního uspořádání strojů a zařízení. Úroveň manipulace, dopravy a skladování ovlivňuje řízení, plánovací činnost a pružnost výrobního systému. Vhodně řešena manipulace s materiálem může snížit počty pracovníků zabývajících se touto činností, odstranit namáhavou, monotónní a nekvalifikovanou práci. Sníží se rizikovost a zvýší bezpečnost práce. Optimální manipulace s materiálem snižuje rozpracovanost výroby, snižuje potřebu výrobních a pomocných ploch apod.

Materiálový tok je charakterizován těmito parametry:

- směrem (odkud – kam),
- intenzitou (množství materiálu přepravené za časovou jednotku),
- frekvencí (počet přepravních cyklů za časovou jednotku).

Rozdělení manipulace a dopravy:

- vnější doprava,
- meziobjektová doprava,
- vnitroobjektová doprava,
- mezioperační manipulace s materiálem,
- technologická manipulace s materiálem.

Materiálový tok představuje organizovanou a řízenou změnu polohy manipulovaného objektu. Členění podle jakým způsobem je realizována změna polohy v prostoru a čase je následující:

- **spojitý materiálový tok** - je takový pohyb hmoty (objektu) u něhož v kterémkoliv místě zkoumaného úseku dráhy se vyskytuje hmota a nemá počáteční a konečné ohraničení (tekutiny, sypké hmoty, v potrubí, na dopravním páse apod.)
- **nespojitý materiálový tok** - je takový pohyb hmoty, u něhož v kterémkoliv místě zkoumaného úseku dráhy dochází ke střídání stavu, tj. výskytu nebo nepřítomnosti objektu manipulace, přičemž je prokazatelné její počáteční i konečné ohraničení. Pro nespojitý materiálový tok je charakteristický parametr množství a parametr času.

Velikost dopravní dávky může být různá a je vyjádřena fyzikálními jednotkami. Počet objektů v dopravní dávce je dán velikostí přepravního prostředku (bedny, palety apod.). Jestliže nemá dojít k přerušení materiálového toku v určitém místě, např. tam kde není prostor pro vytvoření zásoby, je nutné, aby se parametry na straně vstupu rovnaly parametrům na straně výstupu. Z toho vyplývá, že v každém časovém intervalu se sobě rovnají množství materiálu na straně přísunu i odsunu [3, 5, 6, 10, 11].

Skupina skladování materiálů, polotovarů a výrobků ve výrobních systémech je nutná pro zajištění výroby, pro mezisklady s rozpracovanou výrobou a expediční sklady výrobků. Obecně platí zásada minimalizace těchto skladů.

Sklady plní v materiálovém toku funkce vyrovnávací a jistící. Navrhování velikosti skladů závisí na počtu druhů skladovaného materiálu, na velikosti přisouvaného množství a na objemu výdeje. Objem skladu je při návrhu potřeba optimalizovat, jak objem skladu pro jednotlivé skladované položky, tak i plochy potřebné pro bezpečné a přístupné uložení jednotlivých skladovaných položek.

Sklady vstupního materiálu - příklad z automobilek ukazuje na možnost uplatnění velikosti skladu vstupních materiálů a položek a dodržení funkčnosti výroby i při podmínce kapacity skladování jednotlivých položek v době pouze např. 2 hodin před další výrobou a montáží. Takto minimalizovaná kapacita vstupního skladu předpokládá zásobování v předem daných intervalech 2 hodin dohodnutou velikostí přisouvaného množství materiálu a počtu položek v dodávce. Zpoždění dodávky znamená zastavení výroby. Řešení vstupního skladu je podmíněno tvarem, rozměrem a hmotností přisouvaného materiálu a nakupovaného zboží. **Nejčastěji je sklad řešen jako regálový sklad** pro možnosti uložení příslušného materiálu, (např. dlouhý materiál ve svazcích, plechy ve svitcích a ve stozích, drobný materiál na typových paletách, na účelově řešených paletách, bednách apod.)

Mezioperační sklady - řešení a využití vyplývá s potřeb daného výrobního systému a existuje více možnosti jak svázat mezioperační sklad s výrobním systémem či technologickým pracovištěm:

- mezioperační sklad je součástí mezioperačního dopravního systému, který v tomto případě plní i funkci mezioperačního skladu,
- mezioperační sklad navazuje na výrobní systém a současně zajišťuje mezioperační dopravu, např. takovým řešením může být regálový sklad (palet s polotovary, transportní nosiče výrobků apod.)
- mezioperační sklad je umístěn mimo výrobní systém a přepravu palet s výrobky zajišťují vozíky, dopravníky apod.

Expediční sklady - představují skladování výrobků před expedicí a seskupují je do přepravních jednotek tak, aby byly optimalizovány expediční a dopravní náklady k odběrateli výrobků. V těchto skladech jsou využívány regálové sklady, volné skladovací plochy a skladování v uzavřených přepravních kontejnerech, jejichž velikost, tvar a provedení odpovídá typu přepravy na nákladních vozidlech po silnici, železnici i na lodích. Expediční sklady využívají zejména výpočetní techniky a poznatků logistiky při ukládání jednotlivých výrobků do přepravních jednotek, tak aby odběratel po otevření přepravní jednotky mohl postupně odebírat (podle předem daných požadavků) výrobky apod.

Mezioperační a operační manipulace je závislá na stupni mechanizaci či automatizaci výrobního systému. Mezioperační a operační manipulace mohou zajišťovat PPRaM, transferové dopravníky a jiné účelově řešené podávače. Automatizované řešení této manipulace nahrazuje manuální činnost člověka a přenechává mu činnosti řídicí a kontrolní.

Mezioperační manipulace - představuje manipulaci s materiálem, která se uskutečňuje mezi po sobě následujícími operacemi a nebývá zahrnuta do technologického postupu. U vysoce automatizovaných výrobních linek je mezioperační manipulace uskutečňována automaticky a stává se nedílnou součástí technologického postupu výroby dílu.

Operační manipulace - zahrnuje veškerý obslužný proces při vlastní výrobě, který je dán technologickým postupem příslušné technologické operace a obvykle se vztahuje na nezbytné manipulace s pracovním předmětem, které je třeba realizovat bezprostředně před nebo po uskutečnění části technologické operace zahrnuté do tzv. hlavního času.

U řešení automatizované manipulace je nezbytné řešení vazeb na technologické operace. Každé technologické zařízení má svá specifika. Vyžaduje konkrétní řešení přísunu a odsunu v určitém směru, požadované přesnosti a jsou dány další podmínky. Je vystaveno riziku vzniku poruchy, zmetku apod. Kvalitní návrh vazeb mezi jednotlivými operacemi i mezioperačními manipulacemi musí vycházet především ze znalostí technologické operace, možnosti výrobního zařízení. Tomu je nutné přizpůsobit i řešení mezioperační dopravy.

Vždy je nutný důkladný rozbor technologického pracovního místa a podmínek pro odebrání rozpracovaného výrobku, jeho vložení do pracovního prostoru výrobního stroje a jeho následné odebrání po provedené operaci a podání na další, např. předávací místo. S tímto souvisí prostorové uspořádání pohybu, jeho směru, rychlosti, zrychlení, časového průběhu a možnosti jeho opakování v daném algoritmu [3, 5, 6, 10, 11].

Řešení manipulace s materiálem představuje souhrn operací v přepravě, skladování, technologických operacích, měření a kontrolu kvality, balení a expedici u nichž se musí dodržovat následující zásady a pravidla:

- navrhovat přímé a nejkratší cesty, bez zbytečného křížování a zpětných pohybů,
- vyloučit zbytečné manipulace s materiálem, zmenšení počtu a rozsahu manipulačních operací, zmenšuje se objem manipulačních výkonů, snižuje se spotřeba energií, zvyšuje se spolehlivost systémů tím, že systém má menší počet zařízení,
- navrhovat plynulý a nepřetržitý materiálový tok, tzn. sladění výkonů technologických zařízení a vyšší využití navržené linky,
- zvýšení automatizace nebo mechanizace umožňuje zvýšit produktivitu práce, odstranit zdraví škodlivou, nebezpečnou a namáhavou práci,
- vytvoření vhodných pracovních podmínek a dodržet bezpečnost práce.

Všechny navržené způsoby manipulace s materiálem musí splňovat také požadavky hospodárnosti:

- efektivnost při řešení manipulačních a skladovacích činností, nejčastěji sledovanou v přepočtu na skladovanou a manipulovanou jednotku,

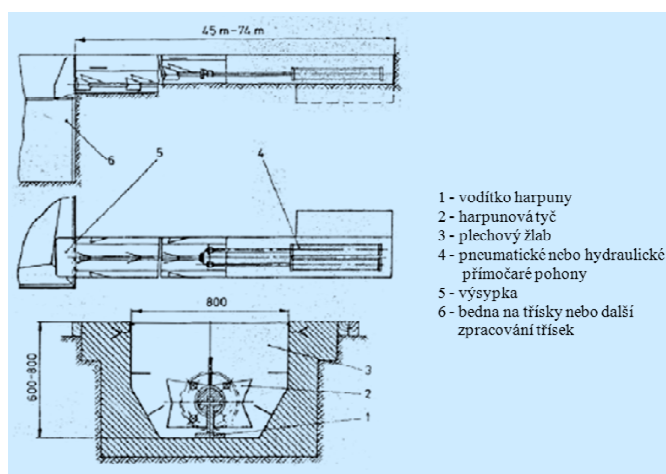
- systémovost, předpokládá aplikaci logistiky a koordinovanosti nákupu materiálu, zboží, výroby až po expedici,
- jednoduchost manipulace s materiálem,
- optimalizace materiálového toku, lze ji chápat v různých úrovních, jednak již při řešení návrhu uspořádání výrobního systému, ale také při vlastním provozu jako řešení optimalizace aktuální situace v dopravním systému, zvolením posloupnosti plnění manipulačních a přepravních operací při rozvozu a zásobování jednotlivých technologických pracovišť,
- optimální využívání přepravních jednotek, velikosti skladů apod., (velikost přepravních jednotek ovlivňuje intenzitu materiálového toku),
- využití gravitace při pohybu materiálu.

Při řešení technických prostředků pro manipulaci s materiálem je potřeba brát v úvahu:

- manipulační a skladovací činnosti, podle určení jsou využívány mechanizované prostředky, průmyslové roboty a manipulátory, plně automatizovaná zařízení účelově řešených konstrukcí,
- unifikaci technických prostředků umožňující snížení nákladů,
- nižší hmotnosti technických prostředků,
- údržbu a provoz bez poruch s vysokou spolehlivostí,
- že řízení manipulačních činností je odvozeno od řízení výrobních činností v celém průřezu CIM za pomoci výpočetní techniky, která se neustále zdokonaluje a je spolehlivější.

Manipulace s odpadem při automatizaci výroby vyplývá jako samozřejmost ve výrobním procesu v průběhu zpracování materiálů. Tvary, rozměry a další vlastnosti odpadu mají charakteristické vlastnosti podle výrobní technologie, ve kterých odpad vzniká. Podle charakteristických vlastností odpadu se navrhuje také jeho odstraňování z prostorů výrobních strojů a jeho další doprava směrem ven z výrobního procesu.

V mnoha případech je potřebné kromě prostého odsunu odpadu ještě dále řešit jeho zpracování. V případě třísek po obrábění se jedná o odstředění chladících emulzí a komprimace třísek (zvětšení specifické hmotnosti). Toto lze dosáhnout jeho drcením nebo slisováváním, případně i jinými způsoby. Odpady z lisování a plošného tváření jsou většinou dále děleny a rovněž slisovávány [3, 5, 6, 10, 11].



Obrázek 2.14 – Harpunový dopravník na třísky

Jako příklad je znázorněný na obr. 2.14 harpunový dopravník třísek, které vznikají při obrábění. Zjednodušeně je zobrazen princip dopravy třísek, který je realizován pod úrovní podlahy haly s obráběcími stroji. Může být různým způsobem pospojován s dalšími dopravníky. Jeho uložení je ve spádu, je vyložen plechem, který tvoří žlab pro odvod chladicí emulze od strojů k jejímu vyčištění, případně k její obnově či likvidaci.



Shrnutí pojmů 2.4.

Materiálový tok, skladování materiálů, skladování polotovarů, mezioperační manipulace, operační manipulace, řešení manipulace s materiálem, manipulace s odpadem.



Otázky 2.4.

10. Co je to materiálový tok?
11. Jak lze charakterizovat operační manipulaci?
12. Jakým způsobem je řešena manipulace s materiálem?

2.5 Periferní zařízení RTP



Čas ke studiu: 3 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Definovat základní pojmy z oblasti periferního zařízení RTP.
-  Stanovit požadavky na periferní zařízení RTP.
-  Definovat požadavky na pohony periferních zařízení RTP.



Výklad

Periferní zařízení lze obecně charakterizovat jako nutná další pomocná zařízení, která společně s výrobním zařízením a PRaM tvoří komplexní robotizované výrobní systémy. Pojem periferní zařízení představuje v rámci RTP širokou škálu různých typů zařízení umožňující plně automatizovat výrobní činnosti. Periferní zařízení se podílí na přísunu a odsunu polotovarů, předmětů a dalších prvků v RTP. Kromě toho zabezpečuje spoustu dalších nutných činností potřebných pro chod RTP [3, 5, 6, 10, 11, 30, 31].

Přesto, že lze rozdělit struktury RTP do několika základních oblastí představuje každé robotizované pracoviště svým způsobem originální řešení. Každé vybudované RTP má svá specifika kterými se odlišuje od již existujících řešení. Odlišnosti v řešení mohou být ovlivňovány např.:

- sortimentem součástek (jejich tvarová a rozměrová odlišnost),
- druhem operací,

- druhem technologie,
- typem použitého výrobního stroje, technologického zařízení apod.,
- jiným uspořádáním vstupu a výstupu materiálu, polotovarů apod.,
- typem a počtem použitého PRaM,
- celkovým uspořádáním periferních zařízení,
- další vlivy.



Pojmy k zapamatování

Výše popsané vlivy představují značný rozptyl požadavků při každé realizaci RTP. Přesto je snaha o typizaci jednotlivých zařízení, která se pro jednotlivé technologie používají. Jde o typizaci do různých rozměrových řad s potřebnými parametry. Dále je snaha o řešení modulárních konstrukcí periferních zařízení. Z vybraných modulů lze sestavit požadovanou konfiguraci. Typizace a modulární struktury vedou ke snížení nákladovosti na vybudování RTP a tím i ke snížení doby návratnosti. V neposlední řadě to vede také ke zkrácení doby realizace budovaného RTP [3, 5, 6, 10, 11]. V současnosti existuje celá řada firem, která dodávají různá periferní zařízení v typových řadách a ty se mohou ještě odlišovat svými parametry. Vzhledem k tomu, že se jedná o opakovatelnost výroby periferních zařízení lze je zařadit do tří hlavních skupin:

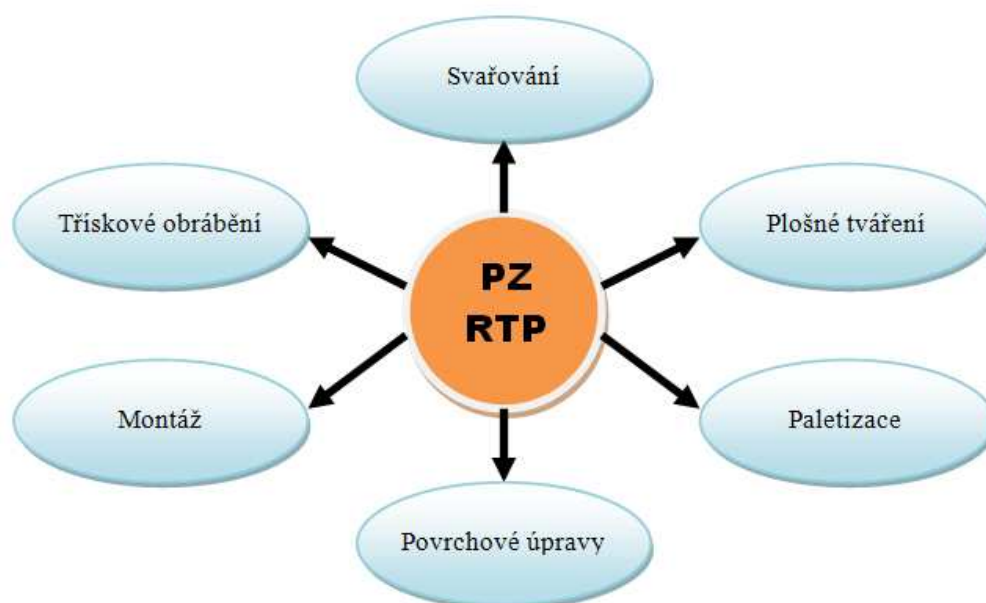
- jednoúčelová (převažují),
- stavebnicová (modulární konstrukce) – řadu modulů lze použít i pro stavbu PRaM,
- univerzální (typová).

S ohledem na skutečnost, že součásti dodávaných PRaM nejsou efekторы, považují se tyto za periferní zařízení. V současnosti je řada firem, které dodávají typové řady uchopovacích efektorů. V případě technologického efektoru např. pro operace svařování je tento většinou součástí dodávky společně s PRaM (pracoviště dodávaná na klíč). Problematika konstrukce efektorů je rozsáhlá a tvoří náplň jiného odborného předmětu. Vhodnou volbou typů periferních zařízení a jejich uspořádání v RTP umožní zjednodušit a zkrátit manipulační úkony prováděné PRaM. Toho lze docílit také tím, že se jednotlivé úkony časově překrývají nebo tím, že periferní zařízení přebírá některé úkony prováděné PRaM. Tím je rovněž řešena otázka ekonomického přínosu navrhovaného RTP.

Periferní zařízení RTP lze rozdělovat podle různých hledisek. Přesto nelze jednoznačně vyčlenit skupiny, které se uplatní pouze v jedné vybrané technologii. To znamená, že celá řada periferních zařízení najde uplatnění v RTP různých technologií. Příkladem mohou být různé dopravníkové systémy, polohovací moduly, zásobníky apod. Specifickou skupinu zde představují také periferní zařízení pro zajištění bezpečnosti na pracovišti a využívají se téměř ve všech navrhovaných RTP.

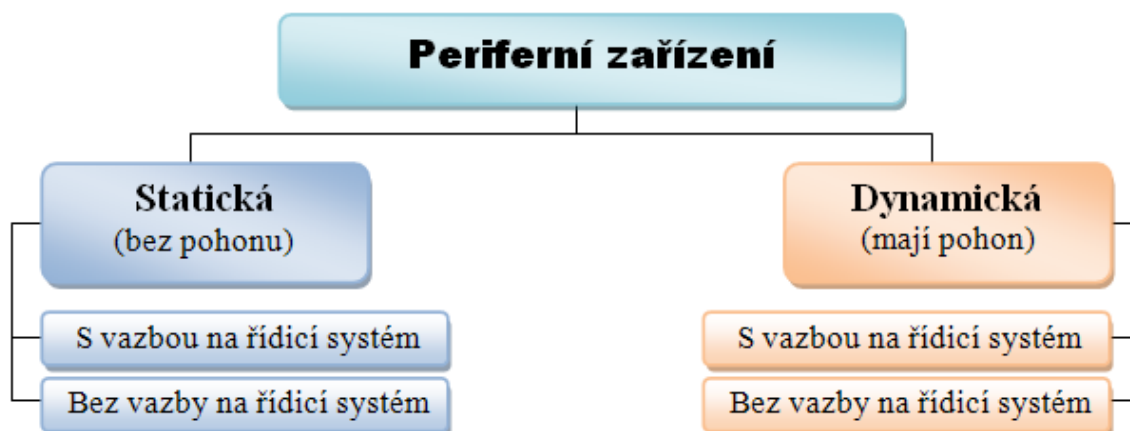
Další skupinu periferních zařízení, která mají specifické uplatnění pro dané RTP jako mohou být např. polohovadla v oblasti technologie svařování, systémy podávacích zařízení pro souvislý vstupní polotovar v oblasti technologie plošného tváření apod.

Prvním hlediskem pro rozdělení periferních zařízení RTP může být např. druh technologie pro kterou je navrhováno a využíváno. Příklad dělení periferních zařízení pro nejčastější typy RTP znázorňuje na obr. 2.15 [3, 5, 6, 10, 11].



Obrázek 2.15 - Dělení periferních zařízení pro nejčastější typy RTP

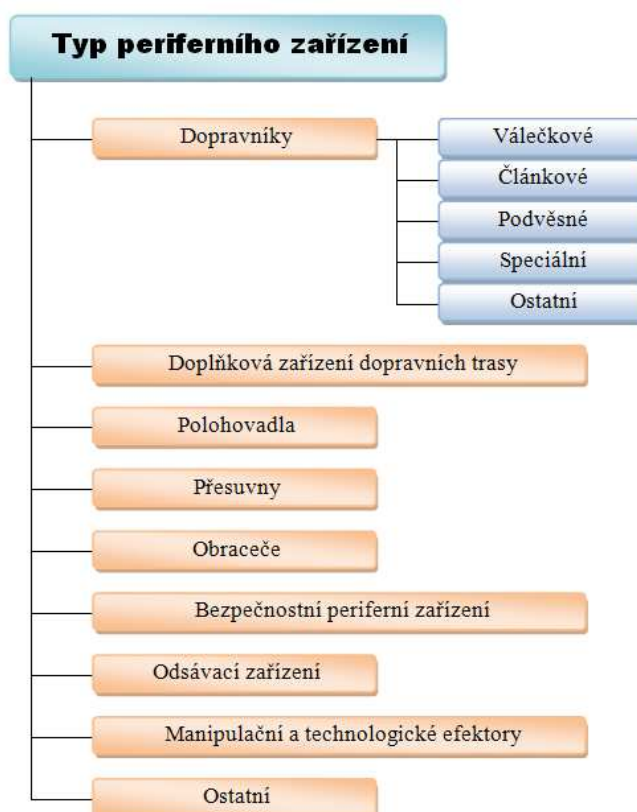
Další dělení periferních zařízení může být podle funkce do dvou skupin, jak znázorňuje obr. 2.16. Obě skupiny lze dále dělit podle vazby periferního zařízení na řídicí systém PRaM.



Obrázek 2.16 - Dělení periferních zařízení podle funkce

Dělení periferních zařízení podle obr. 2.16 souvisí dále s nutností vybavení potřebnými snímači. Zejména se bude jednat o snímače polohy (lineární, rotační apod.) dávající nutnou informaci pro řídicí systém v daném čase. Názorným příkladem mohou být dopravníky, kde je nutná informace pro řídicí systém, zda je obrobek, polotovar apod. připraven v poloze pro odběr. Periferní zařízení bez vazby na řídicí systém nejsou bezprostředně vázána na činnost PRaM. Příkladem mohou být různé skluzy, odsunové dopravníky tríssek a podobně [3, 5, 6, 10, 11, 20, 21].

Další základní dělení periferních zařízení může být např. podle typu, jak znázorňuje na obr. 2.17. Jednotlivé typy periferních zařízení lze využívat pro různá RTP s využitím typizace a modulárních struktur.



Obrázek 2.17 - Dělení periferních zařízení podle typu

Jednotlivé typy periferních zařízení v rámci členění podle obr. 2.17 se dají dále rozdělovat podle různých hledisek, např. parametry, funkčnost, počet stupňů volnosti, moduly apod. Proto zde nelze uvést všechna možná dělení [3, 5, 6, 10, 11].

Při navrhování RTP pro oblast konkrétní technologie je potřeba vždy zvážit nezbytnou nutnost všech potřebných typů periferních zařízení a jejich komunikaci s řídicím systémem PRaM. Dále je potřeba využívat pokud možno typizovaných a modulárních konstrukcí periferních zařízení s cílem zajištění jednoduchosti a spolehlivosti konstrukce, zkrácení manipulačních časů, zohlednění ekonomického hlediska a dalších aspektů se zajištěním automatizace všech operací RTP.

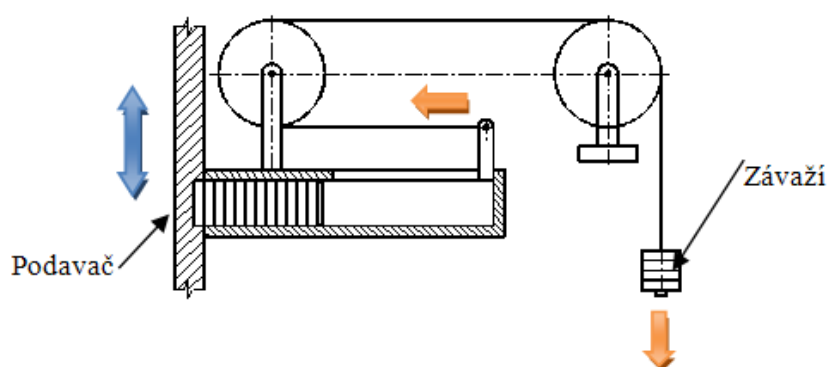
2.5.1 Pohony periferních zařízení

Periferní zařízení využívají běžné typy pohonů stejně jako ostatní automatizační zařízení, PRaM a ostatní zařízení využívající k vyvození pohybu pohony. Využitelné typy pohonů u periferních zařízení lze rozdělit do následujících skupin:

- mechanické pohony.
- pneumatické pohony.
- umělé pneumatické svaly
- hydraulické pohony.
- elektrické pohony.
- kombinované pohony.

Mechanické pohony - se vyznačují svou jednoduchostí a spolehlivostí. Tyto vlastnosti se projeví v nižších pořizovacích nákladech a téměř bezporuchovém chodu. Nevyžadují samostatný přívod energie oproti ostatním typům pohonů. Nepotřebují řídicí systém a pracují automaticky v přímé návaznosti na technologické zařízení. Pohony tohoto typu nevyžadují snímače, které mohou být v praxi rovněž zdrojem poruch [11, 12, 14].

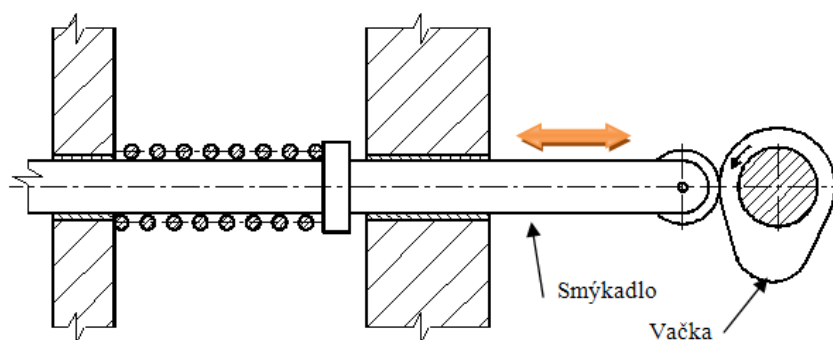
Pohyb u těchto periferních zařízení je vyvozován energií, která je akumulována např. ve zvednutém závaží, stlačené pružině apod. Na obr. 2.18 je znázorněný mechanický pohon využívající zavěšeného závaží. To je upevněno na laně, které je na druhém konci uchyceno k pístu a ten působí silou na polotovary. Polotovary zapadají přesně do výřezu v podávacím zařízení, které je podává po jednom nebo více kusech. Nejčastěji se využívá tento způsob pohonu u plošného tváření jako pro podávací zařízení [3, 5, 6, 7, 10, 11, 34, 36].



Obrázek 2.18 – Mechanický pohon se závažím

Další možnost využití tohoto způsobu pohonu může být pomocí vačkového mechanismu. Vačka je v nuceném záběru s kladkou, která je umístěna na smýkadle. Mechanismus tohoto typu převádí rotační pohyb na přímočarý. Přímocharý pohyb má proměnlivou rychlost což lze s výhodou využít např. pro plynulý rozjezd nebo dojezd. Vačkové mechanismy lze s výhodou využívat např. u odměřovacích zařízení, podávacích zařízení apod. Schéma mechanismu s kotoučovou vačkou znázorňuje obr. 2.19. V zásadě lze použít dva typy vaček:

- Kotoučové – maximální zdvih $h = 200$ mm.
- Bubnové – maximální zdvih $h = 600$ mm.



Obrázek 2.19 – Mechanismus s kotoučovou vačkou

Pneumatické pohony - se využívají při navrhování periferních zařízení poměrně často, zejména pro vyvození přímočarých pohybů na kratší i větší vzdálenosti. S výhodou se uplatňují všude tam kde pohybující se zařízení má pouze dvě krajní polohy. Výkon těchto pohonů bývá řádově do 10 kW. Při jejich aplikaci je však zapotřebí počítat se stlačitelností vzduchu, která může nepříznivě působit na funkci pohybujícího se zařízení. Tyto nepříznivé vlivy jsou zapříčiněny rozdílem tlaku před a za pístem.

V případě zastavení přívodu a odvodu vzduchu u pneumatického motoru dojde vlivem rozpínání vzduchu v prostoru s vyšším tlakem k nedefinovanému pohybu pístu. Vlivem stlačitelnosti vzduchu lze polohu pístnice měnit i vlivem působení malých sil. Kromě zastavování ve dvou krajních polohách lze pneumatické motory používat i v případech kdy pohybující se zařízení zastavuje v libovolné poloze. Tyto aplikace lze realizovat těmito způsoby [3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 34]:

- V případě realizace tří nebo čtyř poloh pro zastavení pohybu mechanismu se využívají dva spojené přímočaré pneumatické motory. Zdvih obou motorů může být různý, nesmí však docházet k ohybovému namáhání pístnic.
- V případě potřeby libovolného počtu zastavení pístnice přímočarého pneumatického motoru na délce zdvihu se využívají výsuvné dorazy. Dorazy jsou ovládané dalšími přímočarými motory řízené příslušným programem.
- Další případ potřeby libovolného počtu zastavení pístnice přímočarého pneumatického motoru na délce zdvihu lze řešit spojením s hydraulickým přímočarým motorem. Hydraulický motor má oboustrannou pístnici a je součástí hydraulického obvodu s elektromagnetickým ventilem. Při pohybu pístnice pneumatického motoru dochází k přelévání hydraulického oleje mezi oběma prostory. V případě uzavření proudění oleje elektromagnetickým ventilem dojde také k zastavení pohybu pístnice pneumatického motoru.
- Třetí příklad potřeby libovolného počtu zastavení pístnice přímočarého pneumatického motoru na délce zdvihu lze řešit spojením pístnice s ozubeným hřebenem, do kterého zabírá ozubený pastorek. Pastorek je ovládaný elektromagnetickou brzdou, která spíná v případě potřeby zastavení.
- Čtvrtým příkladem může být použití bez pístnicového přímočarého pneumatického motoru. S pístem motoru je spojen jezdec, který se pohybuje po celé délce zdvihu motoru. Tlak před a za pístem je stejný a v případě zastavení přívodu a odvodu vzduchu v pneumatickém obvodu dojde k zastavení pístu v požadované poloze.



Pojmy k zapamatování

Z uvedených aplikací vyplývá, že použití pneumatických motorů má široké uplatnění a je potřeba použít vhodný typ. Pneumatické motory jsou dnes dodávány řadou známých firem (FESTO, HOERBIGER, SMC, BOSCH apod.) a tyto se mohou lišit svou konstrukcí. Tento široký sortiment lze v zásadě rozdělit na:

- přímočaré pneumatické motory,
- rotační pneumatické motory.

Z hlediska vlastností použití pneumatických motorů k pohonu periferních zařízení mají následující výhody:

- možnost přetížení až do zastavení,
- možnost spojitě regulace rychlosti (otáček) a síly (krouticího momentu),
- u rotačních motorů velký rozsah otáček,
- malé rozměry a malá hmotnost,
- necitlivost vůči nízkým i vysokým teplotám,
- speciální provedení jsou necitlivá vůči prachu, vodě, agresivnímu prostředí apod.,
- snadná reverzace směru pohybu,
- nehrozí nebezpečí výbuchu,
- čistota provozu,
- dosažení vyšší rychlosti pohybu a velkých zdvihů.
- malé náklady na údržbu,

Použití pneumatických motorů k pohonu periferních zařízení má kromě výhod také řadu nevýhod:

- hlučnost (odfuky do atmosféry),
- nižší silové (momentové) účinky,
- stlačitelnost vzduchu,
- pneumatické motory neumožňují dosažení konstantní rychlosti vzhledem k tomu, že jsou citlivé na vnější zatížení.
- vyšší náklady na výrobu a rozvod tlakového vzduchu.

Kromě základních typů pneumatických přímočarých a rotačních motorů lze používat k pohonu periferních zařízení zkompleťované funkční jednotky. Dnes již dodává celá řada firem zabývajících se výrobou pneumatických prvků široký sortiment těchto jednotek. Jde o kombinaci různých variant posuvných jednotek např. v kombinaci pneumaticko – hydraulické apod. Pro konkrétní aplikace k pohonu periferních zařízení lze využívat funkční jednotky v následujících provedeních [3, 5, 6, 7, 10, 11, 34]:

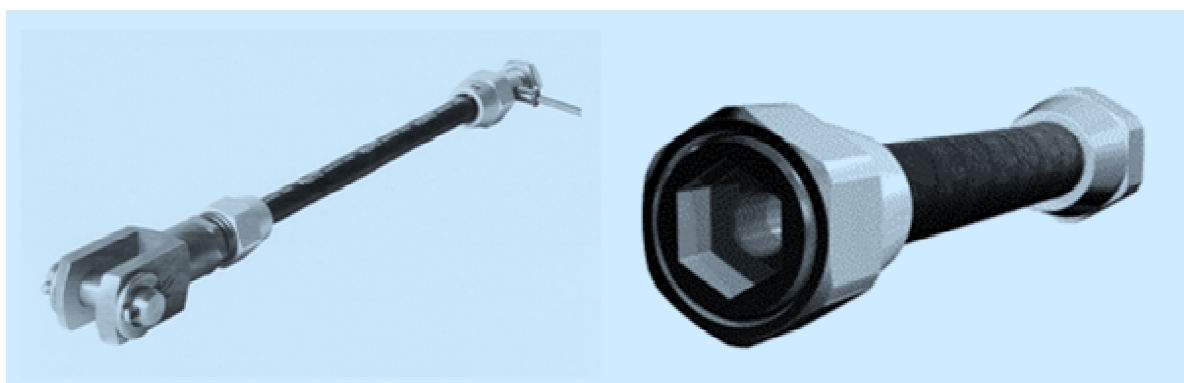
- **Pístový pneumatický motor se zabudovaným rozvaděčem** - který se po dosažení koncové polohy samočinně přepne na zpětný pohyb. Reverzace chodu probíhá po celou dobu přívodu tlakového vzduchu. Jednotku lze využívat u zařízení s nepřetržitým chodem, např. podávání a vyhazování jednotlivých obrobků, vysunování z montážních dopravníků apod.
- **Pneumaticko hydraulické převodníky** - transformují tlak vzduchu na tlak oleje tím, že působí tlakový vzduch na hladinu oleje v uzavřené nádrži. Tlakový olej proudí přes jednosměrný škrťací ventil do hydraulického motoru a vyvozuje pracovní pohyb pístu s konstantní rychlostí.
- **Pneumaticko hydraulické posunové jednotky** - paralelně řazený hydraulický válec vykonává funkci regulátoru rychlosti. Celý systém obsahuje kromě motorů pneumatický řídicí rozvaděč. Pístnice obou motorů jsou pevně spojeny. Pneumatický motor je pracovní [7].
- **Pneumaticko hydraulické posunová jednotka pro rotační náhon** - transformace přímočarého pohybu na rotační je realizováno ozubenou tyčí a pastorkem. Toto provedení má všechny přednosti pneumaticko hydraulických jednotek [7].
- **Pneumaticko hydraulické posunová jednotka pro rotační náhon** - transformace přímočarého pohybu na rotační je realizováno ozubenou tyčí a pastorkem. Toto provedení má všechny přednosti pneumaticko hydraulických jednotek [7].
- **Otočný upínací stůl** - uplatňuje se u periferních zařízení tam, kde je v rámci výrobní operace potřebný krokovací posuv po kruhové dráze. Pracovní jednotku

představuje přímočarý pneumatický motor. Konstrukční řešení této jednotky může mít různá provedení [7].

- **Kleštinová upínka** - umožňuje dosáhnout relativně jednoduchým způsobem velkou upínací sílu v horizontálním nebo vertikálním směru. Využívá se pro upínání obrobků např. u otočných upínacích stolů, dopravních linek apod. Činnost upínek je realizována pouze pneumaticky pomocí rozvaděčů.
- **Dopravní stůl se vzduchovým polštářem** - odstraňuje fyzickou námahu při posouvání těžkých dílů nebo přípravků na stolech výrobních strojů, montážních linkách apod.

Pneumatické umělé svaly - představují nový trend v oblasti pohonů využitelných také při navrhování periferních zařízení. Používají se zejména pro vyvození přímočarých pohybů na kratší i větší vzdálenosti (maximálně 9 m). S výhodou se uplatňují i tam kde pohybující se zařízení potřebuje zastavit v libovolně nastavených polohách. Používají se k vyvozování sil až do 4000 N. Při jejich aplikaci je však zapotřebí počítat se skutečností, že maximální kontrakce je 20% až 25% jmenovité délky svalu [11, 34].

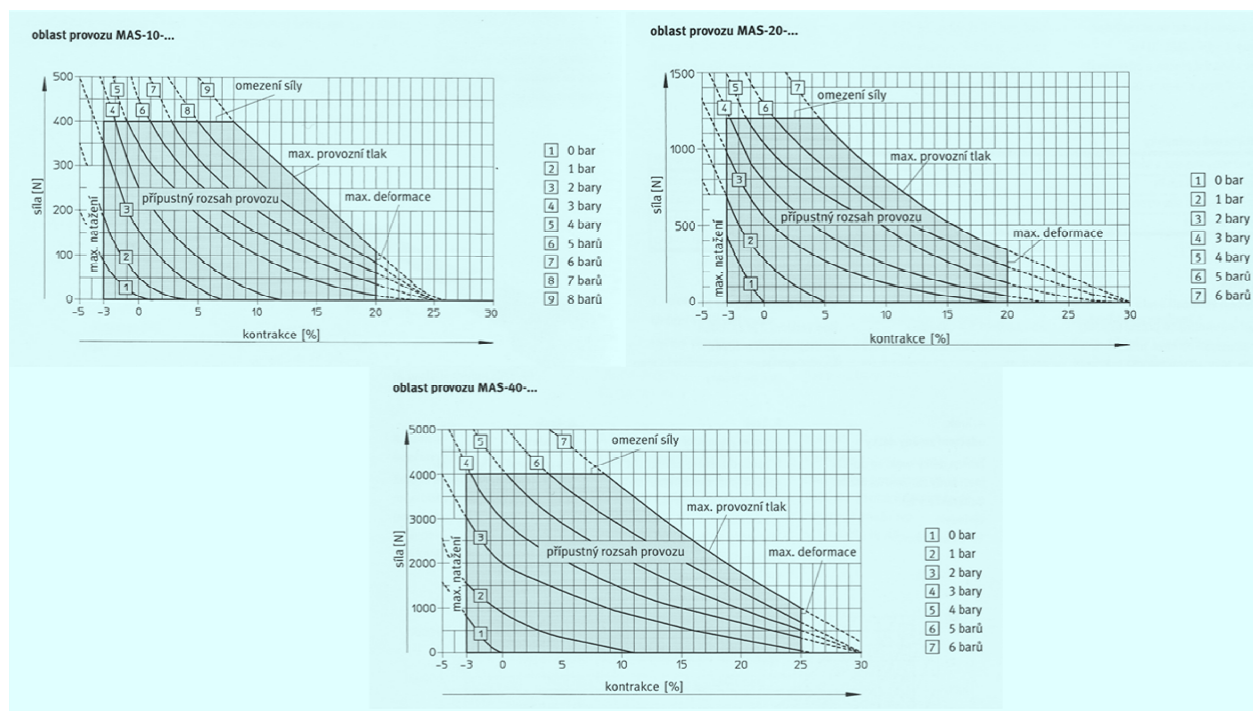
Pneumatický umělý sval se stejným průměrem jako klasický dvojčinný pneumatický motor dokáže vyvinout až trojnásobně větší sílu. V současnosti se jedná o umělé svaly dodávané firmou FESTO ve třech velikostech z hlediska průměru a širokým sortimentem připojovacích prvků. Při návrhu svalu je vhodné využít firemní software z hlediska dimenzování potřebné síly, rozměrů, připojovacích prvků včetně jejich objednávky apod. Pneumatický umělý sval firmy FESTO znázorňuje na obr. 2.20 [33].



Obrázek 2.20 - Pneumatický umělý sval firmy FESTO

Pneumatický umělý sval pracuje jako jednočinný akční prvek proti konstantní zátěži. V případě, že je tato zátěž trvale připojena ke svalu bude se tento v beztlakovém stavu natahovat ze své klidové polohy. Tento druh provozu je ideální vzhledem k jeho technickým vlastnostem. Při přivedení tlaku dosahuje maximální síly při optimální dynamice a nejnižší spotřebě vzduchu.

Při změně vnější síly se sval chová jako pružina. Předpětí a tuhost svalu lze ovlivnit. Užitečná tažná síla je maximální na začátku kontrakce a během zdvihu se snižuje téměř lineárně. Prozatím jsou dodávány tři typy označené jako MAS 10, MAS 20 a MAS 40. Na obr. 2.21 jsou uvedeny grafy závislosti kontrakce a síly pro jmenovité pracovní tlaky u zmiňovaných typů [33].



Obrázek 2.21 - Grafy závislosti kontrakce a síly pro jmenovité pracovní tlaky svalů firmy FESTO



Pojmy k zapamatování

Popsané pneumtické umělé svaly se mohou využívat např. k pohonu paletových zásobníků, pro uchopovací techniku, pro upínací zařízení, polohovací zařízení, vysokorychlostní zařízení apod. Z hlediska vlastností použití pneumtických umělých svalů k pohonu periferních zařízení mají následující výhody:

- možnost spojitě regulace síly,
- možnost využití pro větší rychlosti a zrychlení,
- malá hmotnost a větší vyvozané síly v porovnání s konvenčními pneumtickými přímočarými motory,
- malý montážní prostor,
- odolnost vůči nečistému a prašnému prostředí,
- libovolný rozsah délek svalů (až do 9 m),
- dokonalé oddělení napájecího vzduchu od okolí.
- snadná reverzace směru pohybu,
- čistota provozu,
- nehrozí nebezpečí výbuchu,
- malé náklady na údržbu,
- nevykazuje žádný stisk-slip efekt,
- jednoduchý návrh a snadná výměna, vhodný pro mobilní použití apod.

Kromě výhod má použití pneumtických umělých svalů k pohonu periferních zařízení také řadu nevýhod:

- roztahování nelze použít pro upínací efekt,
- větší poměr jmenovité délky svalu vůči jeho kontrakci,

- nutnost dbát na správně upravený tlakový vzduch,
- stlačitelnost vzduchu.

Hydraulické pohony - představují druh pohonu, který je využíván při navrhování periferních zařízení s většími silovými účinky a nutností zastavování v mezipolohách s dostatečnou přesností. Periferní zařízení využívající hydraulický pohon mají plynulý pohyb.

Z dodávaného sortimentu jsou pro periferní zařízení téměř výhradně využívány hydrostatické pohony, využívající tlakovou energii. Pohonné jednotky představují hydraulické motory, jejichž široký sortiment lze v zásadě rozdělit na:

- přímočaré hydraulické motory,
- rotační hydraulické motory.

U přímočarých motorů se pohybují délky zdvihů řádově od několika milimetrů až po hodnoty několika metrů. Vyvozané síly se pohybují řádově, až v desítkách tisíc N. Rotační hydro-motory jsou v provedení pro malé rychlosti i vysokorychlostní. Mohou dosahovat krouticích momentů až cca 100 Nm s výkonem několika kW. Příklad konstrukce přímočarého hydraulického motoru a vysokorychlostního rotačního motoru znázorňuje obr. 2.22 [11, 50].



Obrázek 2.22 – Příklad konstrukce hydraulických motorů

Konstrukce jednotlivých hydraulických motorů mají široký sortiment provedení včetně speciálních. Toto platí rovněž pro řídicí a ovládací prvky, podobně jako je tomu u pneumatických prvků. Doporučuje se vybírat z katalogů řady známých firem dodávajících hydraulické agregáty, pohony a prvky (např. DANFOSS, TOS RAKOVNÍK apod.) které se mohou lišit svou konstrukcí. Z hlediska vlastností použití hydraulických motorů k pohonu periferních zařízení mají následující výhody:

- snadná reverzace pohybu,
- velké silové účinky s dosažením malých rozměrů motorů,
- použití typových prvků,
- tuhost pohonu,
- dosažení vyšší rychlosti pohybu a velkých zdvihů,
- jednoduché a plynulé řízení parametrů s velkým regulačním rozsahem,
- možnost přenosu energie na vzdálená místa.

Kromě výhod má použití hydraulických motorů k pohonu periferních zařízení také řadu nevýhod:

- nutnost použití samostatného zdroje energie (hydraulické agregáty),
- náročnost na přesnost výroby a montáž jednotlivých prvků (dodržení rozměrové a geometrické přesnosti),
- mohou představovat zdroj znečišťování okolí,
- citlivost na nečistoty v oleji,
- hlučnost,
- citlivost na změnu teploty a obsah plynu v oleji,
- ekonomická náročnost,
- náročnost na seřízení.



Pojmy k zapamatování

Výše uvedené nevýhody lze eliminovat správným navržením hydraulického obvodu a jeho udržováním. Snížení ekonomické náročnosti na hydraulický pohon periferních zařízení lze dosáhnout využíváním hydraulického agregátu určeného pro pohon PRaM. Pak je nutno analyzovat souslednost pohybů periferních zařízení a PRaM s ohledem na možnost vzniku nepříznivého vzájemného ovlivňování. Vždy je vhodné tuto problematiku konzultovat s dodavatelem PRaM. S ohledem na možnost znečišťování okolí z důvodu průsaku oleje apod. je potřeba volit vhodný tlak a prvky hydraulického obvodu. S rostoucím tlakem stoupají nároky na přesnost provedení spojů. Použitím např. rozvodových kostek lze docílit zmenšení možných průsaků oleje [3, 5, 6, 10, 11, 31].

Teplotní ovlivňování hydraulického obvodu a hlučnost lze snížit vhodným umístěním hydraulického agregátu např. ve speciálních buňkách se zvukovou izolací a klimatizací. Jako možné provedení je umístění hydraulického agregátu pod úroveň podlahy. Dobré provedení odvodu obvodu pomocí vhodně umístěných odvodušňovacích otvorů lze odstranit nepříznivý vliv obsahu plynu v oleji. Toto je důležité zejména pro pohony upínacích zařízení a všude tam kde je potřeba zastavovat v přesných polohách pomocí zablokování vstupu i výstupu z motoru. Blokování se provádí např. pomocí rozvaděčů.

Citlivost hydraulického obvodu na poruchy vznikající z důvodů zanesení nečistot do jednotlivých prvků lze snížit dodržováním technologické kázně. Ta spočívá v důkladné kontrole jednotlivých hydraulických prvků před montáží do celého obvodu a při plnění nádrže olejem. Zejména se jedná o důkladné očištění a zbavení všech nečistot nacházejících se uvnitř hydraulických prvků. Důležité je rovněž použití vhodných filtrů na správných místech a jejich pravidelné čištění.

Řízení smyslu pohybu a rychlosti u hydraulických pohonů lze v obvodu realizovat těmito způsoby:

- Řízení smyslu pohybu a rychlosti pomocí elektrohydraulických servoventilů. V tomto případě odpovídá velikosti výchylky šoupátka servoventilu ze střední polohy určitá velikost proudu který prochází cívkou ventilu a tomu odpovídá i určitá rychlost pohybu motoru. Tento způsob řízení vykazuje dobré dynamické vlastnosti.
- Řízení smyslu pohybu pomocí rozvaděčů a řízení rychlosti pohybu pomocí škrtících ventilů. Dojíždění na pevné dorazy s použitím umožňuje polohování s přesností 0,1 mm. Polohování pomocí blokování proudu kapaliny při přestavení

rozvaděče do střední polohy vykazuje menší přesnost. Tento princip je využíván u většiny periferních zařízení s hydraulickým pohonem.

- Řízení smyslu pohybu a rychlosti pomocí generátoru s proměnlivým geometrickým objemem a s reverzací průtoku. Tento princip je vhodný pro těžké hydraulické pohony.

Elektrické pohony - se velmi často používají u periferních zařízení jak pro rotační tak také pro lineární pohyby. Rozsah použití se zvětšuje také s vývojem lineárních motorů. Dále pak se často využívají v rotačních i lineárních modulech, které jsou vhodné pro rychlé sestavení modulárních koncepcí periferních zařízení. Zejména moduly pro lineární pohyb představují širokou škálu různých typů a provedení od celé řady renomovaných firem.

Pro konstrukci periferních zařízení s elektrickými pohony lze využít následující typy motorů:

- Střídavé,
- Stejnosměrné,
- krokové,
- elektromagnety.



Pojmy k zapamatování

Z hlediska vlastností použití elektrických motorů k pohonu periferních zařízení mají následující výhody:

- jednoduchá údržba a malé provozní náklady,
- lehce dostupná energie,
- čistota provozu,
- snadné připojení na řídicí prvky,
- snadný přívod energie k motoru,
- snadná údržba.

Nejjednodušší typ elektrického pohonu představuje asynchronní elektromotor s kotvou nakrátko. Pro menší výkony (do 1,2 kW) se používají jednofázové motory s pomocnou fází s kondenzátorem. Mají jednoduchou konstrukci, ale obtížnou realizaci řízení rychlosti. Pro jednodušší periferní zařízení jako mohou být např. dopravníky apod. se s výhodou používají asynchronní motory u kterých je změna smyslu otáčení realizována přepnutím fází nebo pomocí reverzačních elektromagnetických spojek. Elektromagnetická spojka s brzdou se používá v případě požadavku na přesnou polohu zastavení. Nevýhodou těchto pohonů je nutnost použití vložených převodů k redukci otáček. V současnosti existuje celá řada různých provedení pohonných jednotek od různých výrobců. Jednotka představuje komplet elektromotoru s převodovkou doplněný např. brzdou nebo tachodynamem ke sledování rychlosti, případně odměřovacím zařízením [3, 5, 6, 10, 11, 34].

U periferních zařízení kde je vyžadována plynulá regulace otáček ve velkém rozsahu se využívají stejnosměrné motory. Výhody těchto provedení představují malé rozměry a velký záběrový moment při dosažení velké účinnosti. Jejich nevýhodou je konstrukční složitost oproti asynchronním motorům, jsou náchylnější na horší provozní podmínky a vyžadují náročnější údržbu.

Krokové motory lze využít k přímému pohonu periferních zařízení. Mají jednoduché řízení rychlosti změnou frekvence řídicích impulsů. Při požadavku na větší výkon se spojují do servopohonů s hydraulickým zesilovačem. Využívají se také k pohonu modulů s lineárním pohybem.

Elektromagnety se používají převážně k provádění pomocných pohybů s krátkým zdvihem (např. ovládání přestavitelných dorazů, aretací, v efektorech apod.). Elektromagnety lze rozdělovat podle druhu budicího proudu na:

- stejnosměrné,
- střídavé.

Stejnoseměrné magnety se používají pro menší zdvihy a větší síly. Střídavé magnety se používají pro vyvození větších zdvihů [1, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11].

Kombinované pohony - představují např. elektrohydraulické pohony, kde se jedná o elektrické řídicí motory ve spojení s hydraulickými zesilovači výkonu (hydraulické motory). Řídicí motory se používají stejnosměrné nebo krokové. Poměrně často používaným kombinovaným pohonem bývá také kombinace elektromotoru a rotačního hydraulického motoru. Jedná se o případy kde je požadavek na pomalý rozjezd a pomalý dojezd. Mezi rozjezdem a dojezdem je pak požadavek na poměrně rychlý přejezd. Pro rychlý pojezd se využívá elektromotor a pro pomalý pojezd hydraulický motor. Hydraulický motor lze snadněji regulovat a je vypínán ze záběru elektromagnetickou spojkou. Přepínání mezi oběma pohony je realizováno pomocí snímačů umístěných na dráze pojezdu. Tento druh kombinovaného pohonu se vyznačuje dobrými dynamickými vlastnostmi, a proto se využívá také u periferních zařízení.

Druhý typ kombinovaného pohonu se používá tam kde je potřeba dosáhnout větších silových účinků a není k dispozici hydraulický agregát. Dále je využíván v případech, kde je požadavek na citlivou regulaci rychlosti. To vyplývá ze skutečnosti, že u hydraulických pohonů lze snadněji regulovat rychlost než u pohonů pneumatických. Konkrétní aplikace představují použití pneumaticko-hydraulického multiplikátoru nebo pneumaticko-hydraulických převodníků [3, 4, 5, 6, 10, 11, 28].

K pohonu periferních zařízení se používají převážně následující typy kombinovaných pohonů:

- elektrohydraulické,
- pneumaticko-hydraulické.



Shrnutí pojmů 2.5.

Periferní zařízení, periferní zařízení statická, periferní zařízení dynamická, pohony periferních zařízení, mechanické pohony, pneumatické pohony, umělé pneumatické svaly, hydraulické pohony, elektrické pohony, kombinované pohony.



Otázky 2.5.

13. Co je to periferní zařízení u RTP?
14. Jak lze dělit periferní zařízení RTP podle typu?
15. Jak lze rozdělovat pohony u periferních zařízení RTP?
16. Jak fungují umělé svaly jako pohony u periferních zařízení RTP?



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky 4. až 16. a je Vám doposud vše jasné, úspěšně jste zvládli tuto podkapitolu. Dejte si nyní oddech před dalším pokračováním ve studiu.

2.6 Modulární struktury a standardizace periferních zařízení RTP



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Definovat modulární struktury periferních zařízení RTP.
-  Definovat požadavky na standardizaci periferních zařízení RTP.



Výklad

Modulární struktury a standardizace periferních zařízení při budování RTP pro jednotlivé technologie představují řadu specifických odlišností a jejich hlavním spojujícím prvkem je PRaM. Už z jednotlivých technologií vyplývá požadavek na značnou různorodost použitých periferních zařízení. Přesto však existuje skupina periferních zařízení, které lze používat v RTP různých technologií. Příkladem mohou být různá dopravníková zařízení, bezpečnostní prvky, moduly pro sestavování větších celků, efekторы apod.

Přestože každé budované RTP je individuální a má řadu specifik, mělo by být snahou projektanta využívat pro navrhované pracoviště v maximální možné míře typová periferní zařízení. V případě speciálních navrhovaných konstrukcí periferních zařízení pak využívat typových modulárních jednotek účelově sestavených do funkčních celků. V současnosti je snaha zaměřit se na jednotlivé oblasti technologií a pro tyto realizovat možnost uplatnění periferních zařízení ve více RTP. Příkladem tohoto záměru je celá řada firem dodávajících RTP různých technologií tzv. na klíč. Jako příklad lze uvést polohovadla v oblasti technologie svařování apod. [1, 3, 5, 6, 10, 11, 22, 23, 29, 51].



Pojmy k zapamatování

Širokou škálu periferních zařízení používaných pro automatizovanou operační a mezioperační manipulaci lze účelově členit. Ve vztahu na vazby mezi operační a mezioperační automatickou manipulací lze jednotlivá periferní zařízení rozdělit na [3, 6, 11]:

1. **Zařízení pro mezioperační manipulaci** - periferní zařízení pro mezioperační skladování a pro automatizovanou mezioperační dopravu. K těmto periferním zařízením patří zejména:
 - a) Zařízení pro mezioperační skladování
 - zásobníkové sklady,
 - regálové sklady.
 - b) Zařízení pro automatizovanou mezioperační dopravu
 - krokovací dopravníky,
 - válečkové tratě,
 - regálové zakladače,
 - indukční vozíky,
 - poděsné (okružní) dopravníky,
 - adresní vozíky.
2. **Zařízení společná pro mezioperační a operační manipulaci** - nazvaná také jako manipulační interface. Tato periferní zařízení zabezpečují automatizovaný vstup a výstup materiálu z podsystému mezioperační manipulace na technologické pracoviště včetně jeho orientace a polohování. K těmto periferním zařízením patří zejména:
 - přesuvny,
 - otočné stoly,
 - průběžné dopravníky,
 - krokovací dopravníky,
 - zakládací a aretační zařízení palet.
3. **Zařízení pro automatickou operační manipulaci a zařízení k zajištění operační zásoby polotovarů a obrobků** - tato periferní zařízení zajišťují rovněž jejich orientaci a polohování. Dále se jedná také o zařízení představující doplňkové vybavení rozšiřující funkci PRaM. K těmto periferním zařízením patří zejména:
 - a) Zařízení pro zabezpečení zásoby polotovarů a obrobků jejich orientaci a polohování
 - přímočaré a otočné podávací zařízení,
 - podávací zařízení,
 - operační zásobníky polotovarů a obrobků,
 - řízené polohovadla,
 - skluzy,
 - vychystávací a odkládací stoly.
 - b) Zařízení pro automatickou operační manipulaci
 - c) Zařízení rozšiřující funkce PRaM a jejich doplňkové zařízení
 - podavače,
 - efekторы PRaM (manipulační a technologické),
 - obraceče,
 - kontrolní prvky,
 - zakládače,
 - překladače,
 - vysouvače.

V minulosti byla prováděna např. standardizace výše uvedených zařízení ve VUKOVu Prešov. V současnosti to jsou výrobci PRaM, výrobci pneumatických komponentů a celá řada dalších firem specializovaných na určité typy zařízení. Pro celou řadu zařízení pro automatizovanou operační a mezioperační manipulaci jsou zpracovány charakteristiky včetně základních parametrů. Jedná se zejména o základní periferní zařízení RTP používaná v oblasti technologie třískového obrábění. Jejich přehled a popis je uveden v tab. 2.1 [3, 5, 11].

V oblasti rozvoje automobilového průmyslu je věnována standardizaci periferních zařízení větší pozornost v oblasti technologie svařování a montáže. Dále se může ještě jednat o RTP technologie paletizace. V ostatních případech se jedná většinou o účelově vyvíjená zařízení nebo přizpůsobena stávající zařízení. To platí zejména v případech kdy budované RTP je omezeno prostorem a okolním zařízením při realizaci do stávajícího výrobního procesu. Dále tato skutečnost vyplývá také ze situace kdy jednotlivá RTP jsou řešena převážně zakázkově bez prostoru na jejich vývoj. V mnoha případech se neřeší ani alternativní ověření funkčně důležitých uzlů, optimalizace apod.

Tab. 2.1 – Charakteristika periferních zařízení RTP používaná v oblasti technologie třískového obrábění

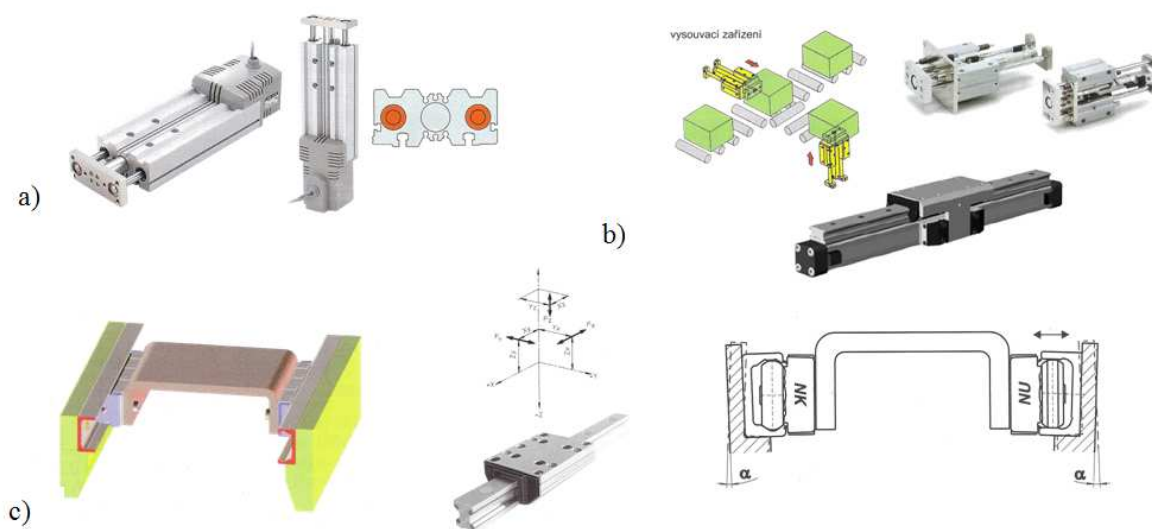
Typ zařízení	Popis zařízení
Zásobník	Zařízení určená pro vytvoření operační zásoby polotovarů nebo výrobků před vstupem na technologické pracoviště.
Mezioperační zásobník	Zařízení určené k zajištění zásoby výrobků pro vykonávání dané technologické operace v případech kdy přísun z jiného stroje je nerovnoměrný. Může se jednat také o případ, kdy se hromadí výrobky od dvou výrobních strojů s menší výrobní kapacitou.
Stohovací zásobník	Zařízení, u kterých je částečná orientace polotovarů nebo výrobků. Příprava zásoby se obvykle provádí mimo technologické pracoviště. Přeprava stohovaného materiálu je prováděna prostředky mezioperační dopravy.
Orientační zařízení	Zařízení, u kterých se zajišťuje požadovaná orientace polotovarů nebo výrobků před vstupem na technologické pracoviště.
Odkládací zařízení	Zařízení, která umožňují nebo zajišťují odsun výrobků z technologického pracoviště (např. skluzu apod.).
Polohovací zařízení	Zařízení, která zajišťují požadovanou polohu polotovarů nebo obrobků s definovanou přesností na vstupu technologického pracoviště či v průběhu technologické operace v závislosti na požadované přesnosti manipulačních úkonů.
Křížový stůl	Zařízení umožňující pohyb polohovaných předmětů ve dvou směrech v horizontální rovině. Pohyb je realizován s krokováním a možností programování pracovní činnosti k zajištění požadované polohy manipulovaných předmětů vzhledem k činnosti manipulačního zařízení.

Otočný krokovací stůl	Zařízení umožňující pootáčení se stanoveným rozsahem počtu kroků s pohybem v horizontální rovině a možnosti polohování jednotlivých kusů či stohovacích zásobníků.
Otočný stůl	Zařízení umožňující pootáčení v nastavitelných mezích s pohybem v horizontální rovině a možnosti polohování jednotlivých kusů či stohovacích zásobníků.
Krokovací dopravník	Zařízení, které umožňuje přepravu kusového materiálu nebo palet po krocích.
Podávací jednotka	Zařízení, které umožňuje manipulovat s materiálem v různých výškových úrovních s nastavením velikosti pracovního pohybu.
Odebírací jednotka	Zařízení, které umožňuje vybírání výrobků z pracovního prostoru stroje po vykonání příslušné technologické operace a jeho přemístění na odkládací zařízení.
Otáčecí jednotka	Zařízení vykonávající změnu polohy výrobku mezi jednotlivými technologickými operacemi, vykonávané na tomtéž technologickém pracovišti.
Zdvihací plošina	Zařízení zajišťující požadovanou výškovou polohu předmětu vzhledem k manipulačnímu zařízení s možným pohybem ve vertikálním směru.
Vychystávací plošina	Zařízení umožňující pohyb polohovaných předmětů v jednom směru horizontální roviny. Slouží k zajištění přesné polohy předmětů na vstupu technologického pracoviště.

Modulární struktury komponentů periferních zařízení - představují širokou škálu zařízení používaných v RTP různých technologií, která jsou zastoupena různými variantami z hlediska konstrukční skladby. Ta může být různá také z hlediska provedení a složitosti. Jedna z možných variant provedení může být modulární konstrukce periferních zařízení. Takováto periferní zařízení mohou mít řadu podsystémů, které lze poskládat z typizovaných komponentů. Může přitom jít o modulární řešení komponentů s pohonem nebo bez pohonu, které lze účelově poskládat do požadovaných sestav periferních zařízení [11, 16, 22, 23].

Modulární jednotky s pohonem využívají v převážné většině elektropohonu nebo pneumatického pohonu. Sestavené modulární periferní zařízení tohoto typu může mít libovolný počet stupňů volnosti, požadovanou přesnost polohování, dostatečné délky pojezdů či úhlových natočení apod. Příklad modulární jednotky s elektropohonem znázorňuje obr. 2.23a [37]. Na obr. 2.23b jsou znázorněny modulární pneumatické jednotky [37]. Modulární komponenty bez pohonu mohou představovat např. různá lineární vedení, pojezdy apod. Příklad těchto komponentů znázorňuje obr. 2.23c [36]. Výhodou modulárních konstrukcí periferních zařízení sestavených s modulů podobného typu je dosažení například:

- dobrá komunikace s řídicím systémem PRaM,
- menší hmotnosti,
- snížení nákladů na pořízení,
- snadná přestavitelnost apod.,
- snadná údržba,
- jednoduchá montáž,
- standardní přípojovací rozměry.



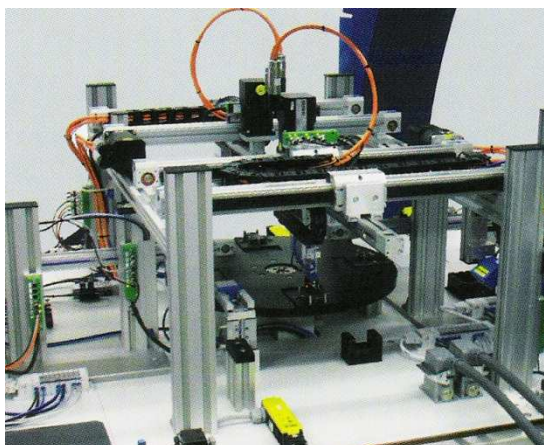
Obrázek 2.23 – Příklad modulárních jednotek v oblasti periferních zařízení RTP

V současnosti lze z modulárních komponentů sestavit např. některá periferní zařízení uvedená v tab. 2.1, efekторы k PRAm, periferní zařízení pro RTP technologie montáže, měřicí pracoviště a celou řadu dalších specifických zařízení. Příklad modulárních konstrukcí efektorů firmy SCHUNK s pneumatickým pohonem znázorňuje obr. 2.24 [51].



Obrázek 2.24 – Příklad modulárních konstrukcí efektorů

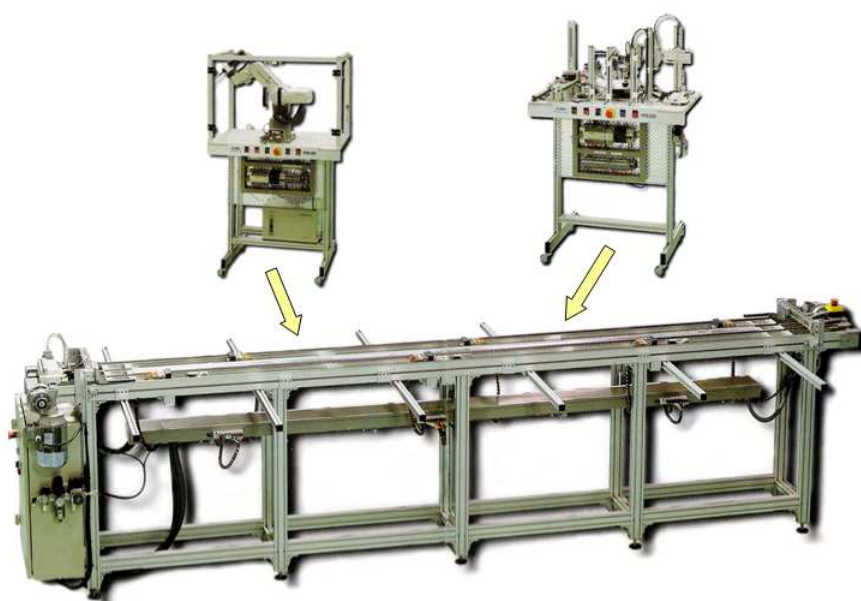
U RTP v oblasti technologie montáže a manipulace s drobnými součástkami (např. osazování plošných spojů apod.) se s výhodou využívají pneumatické systémy, které tvoří účelově sestavené pracovní úseky. V tomto případě se většinou osazují modulární komponenty do připravených konstrukcí vytvořených z hliníkových profilů. Příklad těchto periferních zařízení znázorňuje obr. 2.25 [34]. V takovýchto případech je výhodné využívat prvky jedné firmy. Ty zaručují typizované rozměry pro vzájemné připojení všech prvků včetně bezproblémové komunikace se snímači a řídicími prvky. Kromě sestavování periferních zařízení lze z podobných modulů sestavovat i jednoduché manipulátory s několika stupni volnosti.



Obrázek 2.25 – Příklad modulárního komponentu

Modulární řešení RTP - představuje standardizaci periferních zařízení a modulární struktury komponentů pro různé technologie. Tento způsob projektování RTP podstatně zjednodušuje a zkvalitňuje celý proces přípravy a realizace

Modulární řešení RTP představuje výrobní jednotku, ve které jsou použité typové výrobní, manipulační a pomocné zařízení v podobě modulů, jejichž komplexní automatizovaný provoz zajišťuje centrální řídicí systém. Výběr modulů a jednotlivých komponentů, zejména technologických zařízení je realizován s možností vytvoření předpokladu opakovaného využití při navrhování podobných RTP. Nově navrhované RTP tak lze realizovat např. pouhou záměnou modulů či záměnou některého subsystému modulárního periferního zařízení apod. Příkladem modulární struktury může být např. RTP technologie montáže. V tomto případě představuje celé pracoviště sestavu modulů jako celků s možností jednoduché a rychlé záměny a snadného připojení na centrální řídicí systém. Příklad RTP tohoto typu znázorňuje obr. 2.26 [11, 37]. Střed RTP je tvořený transferovým modulem a po obou stranách jsou umístěny moduly představující jednotlivé pracovní úseky.



Obrázek 2.26 – Příklad modulární struktury RTP montáže

Jako další modulární struktury lze uvést např. RTP v oblasti obrábění hřídelových součástí, svařování apod. Funkcí modulární struktury RTP je realizace souboru výrobních nebo technologických úloh založených na principu typové nebo skupinové technologie.



Shrnutí pojmů 2.6.

Modulární struktury, standardizace, periferní zařízení, modulární jednotky, RTP.



Otázky 2.6.

17. Co je to modulární struktura periferního zařízení RTP?
18. Jaké jsou požadavky na standardizaci periferních zařízení RTP?
19. Jak lze charakterizovat modulární řešení RTP?



Úlohy k řešení 2.1.

Každý tým si zvolí libovolnou technologii, ve které si navrhne vlastní uspořádání RTP (viz kapitoly 2.1 a 2.2) s využitím průmyslového robotu. Pro zvolenou technologii navrhnete uspořádání robotizované buňky podle kapitola 2.2. Popište celý proces a definujte potřebná periferní zařízení.

Navrhnete typ průmyslového robotu, který by byl vhodný k řešení vámi navržené robotizované buňky. Z internetu nejděte obrázek takového průmyslového robotu jako příklad a doložte ho do textu zpracované úlohy. Použitou www stránku nezapomeňte uvést v citované literatuře.

K řešení této úlohy použijte jako studijní materiál tyto opory, použitou literaturu uvedenou v oporách, elektronické učební texty uvedené na - <http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/>, internet a další zdroje.



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky tohoto odstavce a je Vám vše jasné z kapitoly 2, úspěšně jste zvládli tuto kapitolu. Dejte si nyní den volna před dalším pokračováním ve studiu a vypracováním úlohy k řešení 2.1.

3 POSTU PŘI NAVRHOVÁNÍ RTP

Kapitola se zabývá postupem při navrhování RTP v oblasti všech dostupných technologií s využitím PRaM.

Kapitola se zabývá definováním vybraných základních pojmů potupu při navrhování RTP, klasifikací požadavků na uspořádání výrobních strojů a všech ostatních nutných zařízení (periferních zařízení), využitím modelové techniky při navrhování RTP s využitím PRaM, časové struktury výrobních systémů a požadavky na obsah potřebné dokumentace, která je nezbytnou součástí návrhu apod.

3.1 Klasifikace základních pojmů při procesu navrhování RTP



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat základní pojmy používané metody při tvorbě dispozic a řešení projekčních návrhů RTP.



Výklad

Ve všech případech musí návrh RTP vycházet z analýzy technologie výroby a její optimalizace. Na základě této analýzy lze pak realizovat návrh RTP. Ve všech případech by mělo být navrženo optimální řešení, které bude splňovat náročné podmínky příslušné technologie, bylo dosaženo efektivnosti výroby, nejvyšší možné technické úrovně řešení, s minimálním nárokem na potřebné plochy, zajištění kvality výroby a splňovalo také pracovní podmínky z hlediska hygieny a bezpečnosti práce, požární ochrany apod. V podstatě neexistují jednoznačné postupy, které by vedly k optimálnímu řešení. Každý řešitel, který navrhuje uspořádání a dispoziční řešení RTP musí prokázat schopnost tvůrčího myšlení a pomocí známých postupů i svým vlastním přístupem vytvořit takový návrh, který v rámci konkurence obstojí a bude života schopný. Vypracovat dobrý návrh je velmi složité a náročné na znalosti z různých oborů a na organizační schopnosti při sestavení pracovního týmu odborných i pomocných pracovníků, na jejich vedení a zainteresování na společném výsledku, který v době odevzdání návrhu vlastně ani nejde ještě jednoznačně posoudit a zhodnotit jeho přínos pro daný podnik, budoucího provozovatele [3, 5, 6, 10, 11, 18, 23].

V praxi má oprávnění navrhovat pracoviště pouze projektant, který musí být patřičně vyškolen a musí mít živnostenský list pro vázanou činnost „Projektová činnost ve výstavbě“. Tato vázaná živnost ho opravňuje ke zpracování té části projektu, pro kterou je vydáno oprávnění.

Nezbytnou a důležitou podmínkou pro optimální řešení výrobních systémů je správná formulace zadání (úkolů) a kontrola jeho splnění.

Ve všech výrobních systémech se musí analyzovat základní vztahy mezi technologií výroby, manipulací s materiálem a způsoby řízení výroby. Tyto vztahy podstatně ovlivňují řešení dispozice a návrh výrobních pracovišť.



Pojmy k zapamatování

Veškeré procesy probíhají v čase za účasti lidí, kteří do procesu určitým způsobem vstupují. Jsou to pracovníci, kteří se bezprostředně účastní výroby, ale také pracovníci, kteří se výroby sice bezprostředně nezúčastní, ale jsou nezbytní pro její zajištění všech funkcí spojených s výrobou a jejím dalším provozem. Dalším činitelem, který ovlivňuje návrh je omezení dáno typem průmyslové budovy, napětím v síti, energetickými přípojkami, druhem technických plynů, zdroji tepla, rozvody a kvalitou kapalin, možností likvidace odpadů a dalšími omezeními, která jsou podmíněna danou lokalitou a daným typem výroby. Před zahájením práce na návrhu dispozice RTP výrobního pracoviště se musí prověřit, o jakou výrobu se bude jednat a toto rovněž respektovat (kusová, sériová nebo hromadná) a tím respektovat i související organizaci výroby [3, 5, 6, 10, 11, 24].

V následujícím přehledu používaných metod při rozmísťování pracovišť lze vysledovat tyto následující postupy:

- empirické,
- systematické,
- graficko-početní,
- matematické.

Tyto uvedené metody se užívají a mají v praxi uplatnění, avšak je třeba vybrat takovou metodu, která nejlépe odpovídá kvalitě i kvantitě vstupních informací a požadovanému stupni projektové dokumentace.

Empirická metoda - je metodou jednoduchou a časově nenáročnou. V tomto případě musí mít projektant již zkušenosti ve zpracovávání projektů. Výchozími podklady jsou analýzy materiálového toku a popis technologického zařízení. Nevýhodou metody je její omezení na menší počet strojů a zařízení a menší rozsah projektových prací. Při rozsáhlejších stavbách jsou návrhy ovlivňovány subjektivními názory projektantů jednotlivců. Podkladem pro tuto metodu je rozbor a znázornění materiálového toku postupovými listy, postupovými grafy, postupovými schémata nebo využitím šachovnicové tabulky.

Systematická metoda - vychází ze systematického třídění postupu prací při technologickém projektování. U nás jsou publikovány dvě spolu související metody:

- systematické projektování metodou SPL (Systematic Planning Layout),
- systematické navrhování manipulace metodou SHA (Systematic Handling Analysis).

Systematické projektování je universální projektová metoda, která našla uplatnění jak při projektování výrobních tak i nevýrobních procesů. Rovněž u této metody se vychází z materiálového toku při rozmísťování výrobních pracovišť, přičemž se kontroluje důležitost vztahů mezi jednotlivými pracovišti. To znamená například, že i když výpočtem materiálového toku vychází návrh dispozice pracovišť tak, že by nemusely být blízko sebe, z

hlediska vztahů musí být umístěny co nejbližší (centrální výdejna náradí nebo zámečnické pracoviště údržby).

Graficko-početní metoda - hledá nejvýhodnější rozmístění na základě rozboru materiálového toku a grafického vyjádření. Používá se u ní plošných modelů a je snaha o převedení grafického řešení na početní. V literatuře jsou popsány následující používané metody:

- kruhová,
- trojúhelníková,
- souřadnic,
- těžiště.

Tato metoda nachází uplatnění s možností využití výpočetní techniky s grafickým vybavením. Pracnost ručního kreslení dispozice strojů a zařízení je nahrazena výpočetní technikou, která umožňuje rychlejší a snadnější zpracování návrhu ve variantách, které se podrobí rozboru a výběru optimální varianty (provedení i ve 3D). Pro tento účel je k dispozici řada software, jejichž vývoj v posledních letech zaznamenal obrovský rozvoj. Řada firem ještě tyto software upravuje pro své konkrétní potřeby.

Matematická metoda - vychází s předpokladu, že daný proces se dá popsat matematickými funkcemi, které se dají pomocí výpočetní techniky zpracovat pro potřeby provádění návrhu dispozičního řešení. Tato metoda dnes užívána převážně při projektování skladového hospodářství a meziperačních skladů, které již dovedeme popsat potřebnými matematickými funkcemi v závislosti na čase [3, 5, 6, 10, 11].



Shrnutí pojmů 3.1.

Empirická metoda, systematická metoda, graficko-početní metoda, matematická metoda.



Otázky 3.1.

20. Jak lze definovat empirickou metodu při realizaci návrhu RTP?
21. Ve kterých případech je výhodné použít graficko-početní metodu při realizaci návrhu RTP?

3.2 Uspořádání strojů a zařízení v RTP



Čas ke studiu: 2 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- ✚ Definovat podmínky prostorového uspořádání strojů a zařízení v navrhovaném RTP.
- ✚ Definovat co je důležité pro volbu formy prostorového uspořádání strojů a zařízení v navrhovaném RTP.



Výklad

Při návrhu prostorového uspořádání výrobních strojů a zařízení ve výrobním systému je dáno jednotlivými prvky systému především z hlediska [3, 5, 6, 10, 11, 31]:

- rozmístění výrobních strojů,
- rozmístěním technologických a pracovních míst nebo provozů ve vymezeném provozu,
- uspořádání výrobních strojů a zařízení,
- rozdělením výrobních, pomocných, obslužných a ostatních ploch pro racionální výrobní proces.

U návrhu prostorové struktury výrobních strojů a zařízení se lze zabývat technologicko-organizačním řešením výrobního systému ve vymezeném prostoru s ohledem na sortiment a objem výroby. Při zpracovávání prostorové struktury daného výrobního systému je nutné přihlížet zejména k těmto podmínkám:

- jednoduché a hospodárné manipulace s materiálem, nástroji a odpadem,
- nejjednodušší, snadné a kvalitní výroby,
- vhodného pracovního prostředí, hygieny a bezpečnosti práce,
- snadné kontroly a řízení výrobního procesu.



Pojmy k zapamatování

V praxi se rozlišují dvě základní formy uspořádání prostorových struktur:

- a) **technologické uspořádání** - představuje seskupení strojů podle shodných technologií např. prostor pro dělení materiálu, lisovna, soustružna, brusárna, nástrojárna apod.,
- b) **předmětné uspořádání** - představuje seskupení strojů a zařízení podle výrobních požadavků (posloupnosti operací) určité součástí nebo souboru součástí, např. výroba převodových skříní, hřídelí, přírubových součástí, ozubených kol apod.

Pro volbu formy typu prostorové struktury je rozhodující především:

- a) sériovost a opakovatelnost výroby, výrobní program, rozsah sortimentu, velikost a hmotnost součástí apod.,
- b) výrobní proces, technologická podobnost součástí a náročnost výroby, např. počet operací, kooperační vztahy,
- c) úroveň specializace a integrace, kterou ovlivňuje zejména stupeň konstrukčně-technologické standardizace apod.

Forma prostorové struktury tvoří základní strukturální tvar, který lze dále rozdělit do jednotlivých typů v závislosti na uvedených podmínkách, které mohou představovat:

1) Technologickou strukturu, která se může vyskytovat jako:

- a) **Struktura jednotlivých pracovišť** - v tom případě se jedná o profesně shodná výrobní zařízení, ale každé výrobní zařízení v daném výrobním systému není kooperačně (prostorově) vázáno s jiným výrobním zařízením v tomtéž výrobním systému. Každý stroj tvoří samostatnou výrobní jednotku.

- b) **Struktura dílenského uspořádání** - v tomto případě se jedná o typ prostorové struktury, která se často vyskytuje v obrobkách, kde jsou odděleně uspořádány skupiny soustruhů, frézek, brusek apod.

Obecně lze říci, že technologické struktury se vyskytuje např. tam, kde je obrobek na jedno upnutí hotově opracován (zpravidla více nástroji na jedno nebo více vřetenovém stroji, např. soustružnické automaty). Jde o koncentraci jednotlivých operací na jednom pracovišti. Klasickým příkladem může být dílna soustružnických automatů, kde je umístěno více strojů, na kterých jsou hotově opracovány drobné součásti. Uspořádání takových automatů se optimalizuje podle prostorových spojení těchto automatů s vnějšími objekty (sklady, úpravnou třísek apod.), vzhledem k tomu, vnitřní kooperační vztahy neexistují.

Dále se technologické struktury vyznačují zejména vysokým stupněm universálnosti (zaměnitelnosti) strojů a z toho vyplývající adaptibilitou ke změnám programu. Mají ovšem řadu nevýhod, zejména se jedná o vyšší nároky na výrobní a skladové plochy, delší průběžné doby výroby, zpravidla nižší časová a výkonové využití strojů apod. Porovnání technologického a předmětného uspořádání znázorňuje tab. 2.2 [1, 3, 5, 6, 10, 11].

Tab. 2.2 – Porovnání prostorových struktur uspořádání výrobních systémů

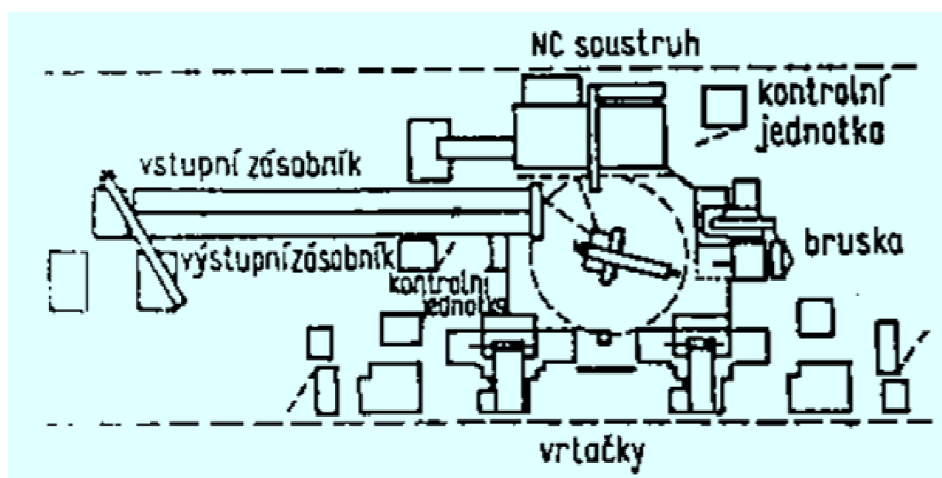
Kritéria pro posouzení uspořádání prostorových forem	Prostorová struktura (jednouúčelová linka)	
	technologická	předmětná
Změna výrobního programu	snadná	obtížná
Průběžná doba výroby	delší	kratší
Materiálový tok	složitý přerušovaný	jednosměrný plynulý
Plochy mezioperačních skladů	velké	malé
Kooperační vztahy	složené	jednoduché
Objem zásob (rozpracovaná výroba)	velký	malý
Plánování a řízení výroby	obtížné	snadné
Strojní a nástrojové vybavení	universální	speciální
Nároky na výrobní a manipulační plochy	značné	menší
Kvalifikace pracovní síly	vyšší	nižší

2) Předmětná struktura může být dále členěna na typ:

- a) **Struktura hnízdová** - je charakterizována tím, že výrobní zařízení je prostorově uspořádáno v závislosti na požadavcích zpravidla předem daného sortimentu součástí. V této struktuře se realizuje především dílčí výrobní proces pro konstrukčně a technologicky podobné skupiny součástí (např. na principu skupinové technologie). Toto uspořádání je vhodné i pro nasazení PRaM.

U tohoto typu předmětné struktury probíhá výroba zpravidla ve volné časové návaznosti jednotlivých prvků a proto hnízdové uspořádání obsahuje kromě výrobních strojů také vstupní a výstupní místa s řešením výměny obrobků resp. se zásobníkem obrobků, které

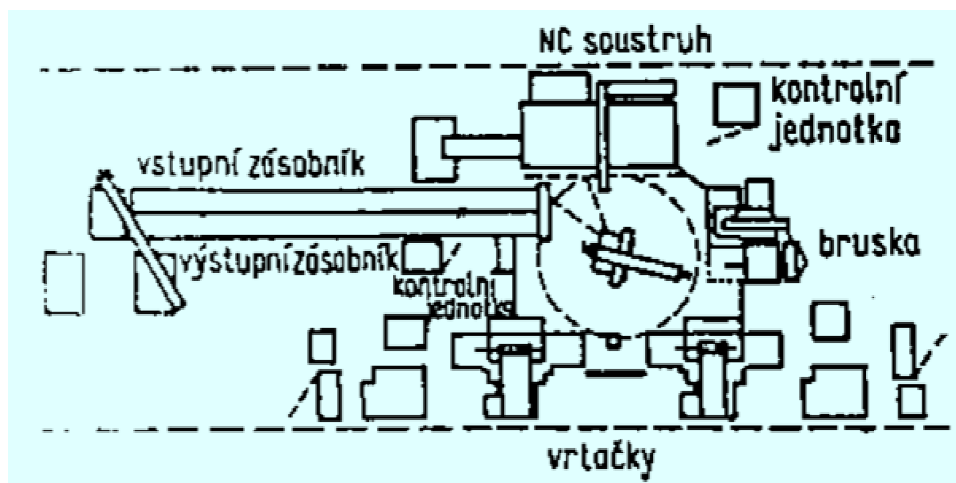
současně řeší problematiku mezioperačních skladů. Hnízdové struktury tvoří dílčí výrobní systémy s nižším stupněm komplexnosti výroby, tj. s neukončeným cyklem výroby. Tyto systémy se však často vyskytují v malosériové výrobě a ve středně sériové výrobě. Příklad řešení hnízdové struktury výroby přírubových součástí znázorňuje obr. 3.1 [3, 5, 6, 10, 11]



Obrázek 3.1 – Příklad hnízdového uspořádání výroby přírubových součástí

Příklad řešení hnízdové struktury uspořádání výroby hřídelových součástí znázorňuje obr. 3.2. V závislosti na sortimentu, sériovosti a opakovatelnosti výroby, stupni mechanizace, robotizace a komplexnosti výroby a integrace technologických, kontrolních a manipulačních činností lze hnízdové uspořádání v praxi realizovat jako:

- buňkové (trojúhelníkové, mnohoúhelníkové),
- volně rozptýlené,
- řadové.



Obrázek 3.2 – Příklad hnízdového uspořádání výroby hřídelových součástí

b) **Struktura linková** - je charakterizována tím, že se používá při výrobě menšího sortimentu a vyššího výrobního množství technologicky podobných výrobků. Podle rozsahu sortimentu součástí se linkové uspořádání dá označit jako:

- pružná linka (více-předmětná linka),
- automatizovaná linka (jedno-předmětná linka nejčastěji tvrdá automatizace).

Pružné linky - představují více-předmětné linky, které jsou určeny pro výrobu vybrané skupiny součástí, vymezené tvarem, technologií výroby, rozměry, velikosti výrobní dávky apod. Charakteristické je volné spojení mezi jednotlivými pracovišti linky, to znamená, že tok materiálu se může podle potřeby měnit jak v počtu, tak v pořadí prováděných operací. Výsledkem je technologická pružnost v rámci daného sortimentu výrobků. Pružné linky jsou vybaveny obvykle stroji universálního charakteru s konvenčním nebo NC řízením a jejich základem je účelný systém pružné manipulace s materiálem (dopravníky, zásobníky, manipulátory, roboty atd.). Tyto linky se uplatňují především ve středně sériové případně i malosériové opakované výrobě [1, 3, 5, 6, 10, 11].

Automatizované linky – se uplatňují nejčastěji pro výrobu jednoho předmětu (velmi často označované jako tvrdá automatizace), jsou charakterizované jednosměrným pevným dopravním spojením jednotlivých pracovišť, které jsou určeny k provedení uzavřeného souboru operací s předem danou posloupností a dobou trvání všech činností (technologických i manipulačních). Tyto výrobní linky lze rozlišovat podle časové návaznosti jednotlivých pracovních míst na linky:

- **synchronizované** - u kterých je objem práce v jednotlivých pracovních místech (operacích) časově vyvážen, takže tempo předávání je ve všech místech stejné a pracoviště i linky pracují ve stejném taktu. Jestliže je některá operace delší než takt, řeší se takový případ zařazením paralelních pracovišť.
- **Nesynchronizované** – u kterých jednotlivá pracovní místa pracují v individuálním taktu. Plynulá návaznost pracovních míst je umožněna pomocí transformačních zásob, tj. rozpracovanými výrobky mezi sousedními pracovními místy, které se cyklicky vytvářejí a spotřebovávají. Tyto linky se používají tam, kde není možno z technických důvodů dosáhnout příznivých výsledků při synchronizaci jednotlivých operací linky.

Automatizované linky s tvrdou automatizací se používají zejména ve velkosériové a hromadné výrobě. Stroje mají vysoký stupeň pracovní specializace - vyrábí se většinou jen jeden výrobek, používá se speciálních stavebnicových strojů a realizace těchto linek vyžaduje značné investiční prostředky. Předmětné uspořádání výroby je charakteristické zvláště účelovou specializací (krátká průběžná doba a snadné řízení výroby za cenu vyšších investičních nákladů a obtížnosti změny výrobního programu) a uplatňuje se zejména v oblasti výroby s vyšší sériovostí.



Shrnutí pojmů 3.2.

Uspořádání strojů, technologické uspořádání, předmětné uspořádání, technologickou strukturu, struktura jednotlivých pracovišť, struktura dílenského uspořádání, předmětná struktura, struktura hnízdová, struktura linková, pružné linky, automatizované linky.



Otázky 3.2.

22. Jak lze členit technologickou strukturu uspořádání strojů a zařízení?
23. Jak lze definovat hnízdovou strukturu uspořádání, uveďte příklad?



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky 20. až 23. a je Vám tato problematika jasná, dejte si oddech před dalším pokračováním ve studiu.

3.3 Využití modelové techniky a časové struktury při návrhu RTP



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- ✚ Definovat modelové techniky při návrhu RTP.
- ✚ Definovat a vytvořit časové struktury při návrhu RTP.



Výklad

V rámci navrhování technologického pracoviště je vhodné využívat modelové techniky zejména pro:

- vypracování dispozičního řešení konkrétní prostorové struktury, podle které lze zpracovat výkresovou dokumentaci,
- určení formy nebo typu prostorové struktury.



Pojmy k zapamatování

Do metod modelové techniky je možné zařadit:

- formální modely,
- analogové modely,
- názorné modely.

V mnoha případech se úlohy technologického projektování řeší pouze z hlediska dispozičního uspořádání výrobních systémů, to znamená, že se zaměřují na konkrétní rozmístění strojů a zařízení ve vymezeném prostoru. K tomuto účelu jsou v praxi využívány zejména názorné modely. V současnosti se stále více vyžaduje komplexnější řešení projektových úloh, především z hlediska stanovení vhodných forem prostorových struktur, které společně s uspořádáním strojů a zařízení řeší danou úlohu nejen komplexně, ale také systémově. K tomuto účelu slouží především formální a analogové modely, zpracovávané na PC. Takto vytvořené modely se využívají pro popis a analýzu prvků výrobních systémů z hlediska jejich skutečných vlastností a kooperačních vztahů. Toto platí jak ve vnitřní struktuře výrobního systému, tak v jeho podstatném okolí. Dále se využívají pro analýzu logických nebo matematických vztahů nebo ukazatelů, které modelují skutečné podmínky řešeného výrobního systému. Názorné modely mohou být [3, 5, 6, 10, 11, 17, 22, 23]:

- dvojrozměrné,
- trojrozměrné.

Dvourozměrné modely - bývají nejčastěji v měřítku 1:100 nebo 1:50, a jsou zhotoveny nejčastěji na průhledných materiálech (foliích), nové použití těchto modelů je použití ve výpočetní technice, kde mohou být tyto modely uspořádány v příruční knihovně a měřítko lze libovolně měnit podle měřítka výkresu zpracovávaného v ACADu.

Trojrozměrné modely – představují makety strojů a zařízení, nejčastěji v měřítku 1:50, které jsou zhotovovány ze dřeva, plastických hmot apod. Zpracování dispozice strojírenského provozu nebo závodu pomocí trojrozměrných modelů je sice velmi přehledné, názorné pro představu a umožňuje další varianty řešení i v budoucím provozu, ale je to velmi nákladné a zdlouhavé již v přípravě modelů, které je třeba vyrobit pokud možno co nejvěrněji v požadovaném měřítku. I zde je možno využívat výhod výpočetní techniky a pomocí projektování ve 3D si znázornit požadovaná výrobní pracoviště. Navíc jsou dnes již k dispozici software, které umožňují i simulace provozu, což lze ocenit hlavně při projektování výrobních systémů s PRaM.

Časové struktury - představují v oblasti technologického projektování proporcionální vztahy mezi jednotlivými prvky nebo řady výrobních systémů z hlediska:

- časových návaznosti jednotlivých operací na fázi výrobního procesu,
- kvalifikace výrobních zdrojů (výrobních strojů, výrobních ploch, pracovních sil apod.) ve vztahu k výrobním úkolům (kapacitní propočty),
- průběžné doby výrobků a způsobů jejich časového průběhu (postupný, souběžný a smíšený),
- časové využití výrobních zdrojů (časové vytížení pracovních sil).

Z výše uvedeného přehledu vyplývá, že je potřeba se především zabývat problematikou kapacitních propočtů, časovým využitím výrobních strojů a pracovních sil.



Shrnutí pojmů 3.3.

Formální modely, analogové modely, názorné modely, dvourozměrné modely, trojrozměrné modely, časové struktury.



Otázky 3.3.

24. Jaké model lze zařadit do metod modelové techniky?
25. Jak lze charakterizovat časové struktury?

3.4 Požadavky na obsah dokumentace RTP



Čas ke studiu: 2 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat obecně obsah a náplň technické dokumentace RTP.



Výklad

Zpracovaná dokumentace RTP představuje technologickou část projektu provozního souboru. Obsah této dokumentace musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a musí umožňovat dodavatelské organizaci navržené řešení RTP realizovat, vyzkoušet v provozních podmínkách, uvést do provozu a předat investorovi k užívání. Zpracovaná dokumentace RTP řeší především prostorové souvislosti navržených (použitých) strojů a zařízení v RTP, ale také vazby na další pracoviště, která jsou před řešeným technologickým pracovištěm a která navazují.

Více technologických pracovišť, spojených do většího celku, který je schopen samostatného provozu a vlastního vyzkoušení se v praxi nazývá provozním souborem. Provozní soubory se zase propojují ve větší celky a mnohdy se zpracovávají najednou a komplexně tak, aby byly podchyceny všechny vazby a nároky na dopravu a manipulaci, řeší se v nich materiálové toky, energetické přípojky a zajištění energiemi. Elektrickou energii, stlačeným vzduchem, průmyslovými vodami pro chlazení apod., vzduchotechnická zařízení pro odsávání škodlivin a vytápění pracovních prostorů [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11].

Nedílnou součástí technologické části je rovněž navržení systému řízení výrobního procesu případně jeho napojení na nadřazený systém řízení, napojení na dispečerská zařízení a energetické dispečinky. Při návrhu technologického pracoviště je potřebné koordinovat rozmístění strojů a zařízení také vzhledem k páteřním rozvodům energií, jako jsou přípojné potrubí, napájecí rozvody, transformovny, spínací stanice, aktivní, popřípadě společná ochrana před korozi, vzduchotechnická zařízení, elektrotechnická část, systémy řízení apod.



Pojmy k zapamatování

Obsah dokumentace pro technologická pracoviště výrobních zařízení lze rozdělit na těchto částí:

- technickou zprávu,
- výkresovou dokumentaci technologického pracoviště,
- seznam strojů a zařízení technologické části.

Technická zpráva musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- popis technologie výroby s uvedením nositele technologického procesu, převzatých a požadovaných záruk,
- laboratorní kontrola,
- patentové a licenční nároky,
- účel, funkce, kapacita a hlavní technické parametry technologického zařízení, fond pracovní doby,
- řešení manipulace s materiálem uvnitř provozního souboru,
- skladba a rozsah technologického zařízení s uvedením typů strojů a zařízení,
- způsob řešení automatizovaného systému řízení technologického procesu,
- požadavky na dopravu do a z provozního souboru,

- pracovní síly a směnnost,
- látková bilance, potřeba hlavních a vedlejších surovin, technické podmínky, zdroje a způsoby zásobování,
- výroba hlavních a vedlejších výrobků, technické podmínky, odbyt nebo využití,
- sklady a meziklady surovin, provozních hmot, polovýrobků, výrobků a odpadů v provozním souboru,
- množství odpadních látek, jejich charakteristika, podmínky, způsob využití, zneškodnění či odvedení,
- rozpis energií, paliv a vody, druh (technické podmínky) a množství energií a vod, zdroje a způsob zásobování, hlavní spotřebiče, instalované výkony, výpočtová a špičková zatížení odběru elektřiny, kategorizace spotřeby,
- zvláštní požadavky na zpracování další dokumentace,
- zdůvodnění dispozičního řešení,
- volba a způsob provedení tepelných izolací, povrchová ochrana, barevné řešení,
- zvláštní požadavky na výrobu a montáž,
- požadavky na požární signalizaci.
- požadavky na průkaz dosažení hodnot komplexního vyzkoušení a úspěšného ukončení zkušebního provozu, popřípadě garančních zkoušek,

Výkresová dokumentace technologického pracoviště musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- provozní schéma, vyznačuje vzájemné propojení všech strojů, zařízení a měřicí a řídicí obvody, v případě, že je to účelné, lze obě schémata nahradit jediným,
- technologické schéma, vyjadřuje technologický postup podle toku materiálu s vyznačením hlavních údajů o množství, intenzitě a o hlavních parametrech hmot a energií vstupujících a vystupujících,
- dispozice strojů a zařízení (půdorysy a potřebné řezy zpravidla v měřítku 1:100 nebo 1:50), vyjadřuje návrh prostorového rozmístění hlavních strojů a zařízení uvedených ve schématu, a to v podrobnostech umožňujících určení potřebných ploch a prostorů, vazeb na stavební konstrukci, vnější rozvody a inženýrské sítě, vyznačují se v ní kovové konstrukce, které jsou součástí technologického zařízení, s udáním jejich hlavních rozměrů a zatížení, dále se v ní vyznačí směr případného rozšíření a druh prostředí, zakreslí se potrubí a potrubní svazky, které svými rozměry nebo jinými vlastnostmi ovlivňují dispoziční řešení.

Seznam strojů a zařízení technologické části musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v něm obsáhnout následující položky v tomto uspořádání:

- všechny stroje a zařízení se uvedou v členění na provozní jednotky, případně základní jednotky, u každé položky se uvedou technické údaje, pro nestandardní stroje se uvedou výchozí technické údaje,
- kovové konstrukce, které jsou součástí technologického zařízení, uvede se název a hmotnost,
- potrubí včetně příslušenství a armatury,
- izolace se uvedou souhrnně v členění podle druhu materiálu izolací s odhadem výměr,
- nátery se uvedou souhrnně s odhadem výměr.

3.4.1 Požadavky na dokumentaci k systému řízení technologického procesu

Obsah dokumentace k systému řízení technologického procesu pro technologická pracoviště výrobních zařízení lze rozdělit na těchto částí [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11]:

- technickou zprávu,
- výkresovou dokumentaci,
- seznam strojů a zařízení včetně montáže.

Technická zpráva musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- charakteristika provozu a prostředí,
- popis systému řízení včetně jeho automatizace, struktury a funkcí s uvedením řešení jeho jednotlivých částí (podsystemů),
- popis řešení vazeb s řízeným objektem a s navazujícími systémy řízení,
- popis řešení vazeb mezi jednotlivými částmi (podsystemy) v souladu s rozbohem řízené soustavy,
- charakteristické údaje o čidlech, měřených a řízených médiích s údaji o hlavních konstrukčních materiálech,
- popis napájení systému řízení,
- požadavky na programové vybavení.

Výkresová dokumentace musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- kopie dispozic strojů a zařízení s vyznačením tras přenosu informací,
- výkresy pro potřeby montáže a provozu,
- kopie provozního schématu s vyznačenými měřicími místy popřípadě samostatná schémata složitých měřících a řídicích obvodů,
- schéma funkcí systému s vyznačením vazeb jednotlivých úloh, popřípadě grafickým vyjádřením algoritmů řízení,
- dispozice umístění řídicích center, panelů, ovládacích pultů, operátorských pracovišť, rozvodových skříní s udáním hlavních rozměrů,
- schéma technické struktury systému s vyznačením vazeb mezi jednotlivými prostředky,
- schéma informační struktury systému s popisem toku informací,
- schéma samostatných obvodů s označením čísel položek seznamu strojů a zařízení,
- schéma měřících míst pro informační a řídicí systém, u složitých výrobních zařízení může schéma regulačních obvodů tvořit samostatnou část,
- schémata výrobního zařízení se zakreslením čidel a přístrojů normalizovanými značkami a s označením čísel položek seznamu strojů a zařízení,
- vývojové diagramy programů,
- výkresy přístrojových skříněk, desek, rozvaděčů (panelů) obsahující vnější rozměry, zvláštní požadavky (např. výřezy pro speciální přístroje), čísla položek seznamu strojů a zařízení, popřípadě též typy, rozsahy a pohledy,
- schémata elektrických a neelektrických obvodů, vystihující zapojení jednotlivých prvků informačního a řídicího systému uvnitř i vně rozvaděčů, s uvedením druhů vodičů a s vyznačením napájecích připojení včetně celkového schématu napájení systému, jeho jištění, zemnění apod.,

- schémata kombinovaných obvodů (např. elektropneumatických), kreslí se jako jedno společné schéma,
- detaily styčných nebo upevňovacích bodů mezi informačním a řídicím zařízením a stavební konstrukcí, např. upevnění rozvaděčů, výkresy průchozích otvorů, čidel, odběrů, jímek, ukončení ovládaných orgánů s příslušnými připojovacími rozměry,
- dispozice strojů a zařízení doplněné údaji o umístění odběrů, čidel a přístrojů kromě rozvaděčů s označením čísel položek seznamu strojů a zařízení, hlavních tras informačních a řídicích obvodů s místy vyústění rozvodu vzduchu, vody, vývodu elektrické energie apod. včetně protipožárních opatření na kabelových trasách.

Seznam strojů a zařízení včetně montáže musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v něm obsáhnout následující položky v tomto uspořádání:

- soupis všech prvků systémů řízení technologických procesů,
- soupis okruhů s uvedením parametrů,
- způsob řešení odběru.

Tento seznam obsahuje specifikaci všech měřících, signalizačních a řídicích přístrojů a jejich příslušenství, rozdělených podle jednotlivých obvodů a specifikace rozvaděčů, desek, skříněk, souhrnný soupis impulsních a spojovacích trubek podle druhů a velikosti, u každé položky je uvedeno číslo položky, název a charakteristické údaje (shodně s objednávkou) podle potřeby (např. clona, regulační ventil), také protokol o výpočtu, údaje o umístění vzhledem k výrobnímu zařízení, odvolávka na zajištění úpravy výrobního zařízení pro montáž čidla nebo regulačního přístroje, s případným uvedením čísel výkresů, přístroje z dovozů se uvádějí odděleně, soupis programů uvedených ve výkresové části.

3.4.2 Požadavky na dokumentaci provozního rozvodu silnoprůdu

Obsah dokumentace k provoznímu rozvodu silnoprůdu pro technologická pracoviště výrobních zařízení lze rozdělit na těchto částí:

- technickou zprávu,
- výkresovou dokumentaci,
- seznam strojů a zařízení.

Technická zpráva musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- volba proudových soustav a napětí včetně způsob napájení,
- údaje, kde začíná a kde končí rozvod podle použitého členění,
- údaje o celkové maximální soudobé spotřebě a přehled spotřeb v jednotlivých soustavách rozčleněných podle napětí, instalovaný příkon,
- případně zvláštní provozní a předpisové podmínky a jejich řešení,
- druh prostředí,
- výsledky výpočtu zkratových proudů, uzemnění, úbytku napětí a kompenzace účinníku,
- stupeň důležitosti dodávky elektrické energie,
- zásadní řešení ochrany proti zkratu, přetížení, nebezpečnému dotykovému napětí, uzemnění apod.,
- zásady řešení z hlediska bezpečnosti práce a technických zařízení,

- zvláštní požadavky pro obsluhu a chod zařízení za všech provozních stavů,
- zásady blokování, ovládání, měření a signalizace, zkratové poměry až po přípojnice rozvaděčů.

Výkresová dokumentace musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- jednopólové, případně více pólové základní schéma s označením typu a druhu zařízení, vystihující způsob napájení, dle jednotlivých rozvaděčů nebo zařízení, pomocné obvody (např. ovládací, blokové) mohou být vyjádřeny pouze v řádkovém schématu (v takovém případě se jednopólové, popřípadě více pólové schéma u složitých zařízení doplňuje příslušně označenými odcházejícími vedeními pomocných obvodů),
- jednopólové schéma vyjadřující elektrický rozvod v řešeném objektu, obsahuje vstupní stanici, hlavní a podružné rozvaděče, napájení jednotlivých zařízení, strojů nebo spotřebičů s udáním proudových soustav i přenášených výkonů a zkratových poměrů,
- schéma (např. řádkové) a popis vystihující způsob řízení, obsluhy, řešení vazby, blokování a dalších speciálních požadavků s vyznačením přístrojů v různých zařízeních,
- výkresy tras kabelových a pásových rozvodů, s udáním rozměru profilů kanálů, lávek apod., se souhrnným vyjádřením uložených kabelů a vodičů v trasách v souladu se soupisem kabelů a vodičů, výkresy uzemňovací sítě s uvedením počtu uzemňovacích jímek a zemniců a jejich provedení,
- schéma rozvodů vystihující zapojení jednotlivých zařízení s označením druhu a průřezu kabelů a vodičů, vypracované s přihlédnutím k vnitřnímu zapojení spojových zařízení (schéma rozvodu může být nahrazeno vhodně upraveným soupisem kabelů a vodičů v technické zprávě),
- dispozice strojů a zařízení se zakreslením rozvodu silnoprůdu,

Seznam strojů a zařízení musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v něm obsáhnout následující položky v tomto uspořádání:

- jednotlivé položky dodávek, tj. rozvaděče, skříňky, případně transformátory atd., s údaji obdobnými (pořadové číslo, číslo položky na výkresech atd.),
- soupis spotřebičů, silových kabelů a vodičů (tabulky s uvedením druhu, průřezu, délek napětí a cílového označení ve shodě s výkresy), kabely pro dozor se uvádějí souhrnně.

3.4.3 Požadavky na dokumentaci provozního potrubí

Obsah dokumentace k provoznímu potrubí pro technologická pracoviště výrobních zařízení lze rozdělit na těchto částí:

- technickou zprávu,
- výkresovou dokumentaci,
- seznam strojů a zařízení.

Technická zpráva musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- množství přenášených médií bez uvádění údajů obsažených ve výkresech,

- údaje, kde začíná a kde končí provozní potrubní rozvod,
- stručné zdůvodnění druhů volených potrubí s jejich technickým popisem (tlakové ztráty, požadavky na vytápění nebo chlazení potrubí, izolace a nároky na materiál) s požadavky na uložení, spádování a odvodnění apod.,
- výsledky výpočtu, předběžných tlakových a tepelných ztrát,
- popis ochranných nátěrů s určením druhu konečných barev, popřípadě značek pro jednotlivá media,
- další údaje, např. požadavky na vyzkoušení apod.,
- zásady z hlediska bezpečnosti práce a technických zařízení.

Výkresová dokumentace musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- dispozice s vyznačením a dispozičním okótováním potrubí včetně armatur, ohybů, spádů apod., dále pevných bodů a závěsů ovlivňujících stavebních konstrukcí, ostatní závěsy se vyznačují podle druhu a počtu bez kótování, izolace potrubí se vyznačuje vždy v řezech, v pohledech se kreslí pouze na úsecích souvisejících s uzly, křížovaném apod.
- potrubní schéma, do něhož se zakreslují všechny stroje a zařízení obrysovými čarami nebo normalizovanými značkami podle jejich výškového uspořádání, potrubí zpravidla označuje číslem větve, jmenovitou světlostí, znakem potrubní třídy, popřípadě znakem izolace, dále jsou vyznačeny všechny armatury a měřicí a řídicí přístroje normalizovanými značkami, ve schématu jsou vyznačeny styčné body potrubí s jinými provozními soubory,
- jiná schémata podle potřeby (odvodnění, vytápění apod.),

Seznam strojů a zařízení musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v něm obsáhnout následující položky v tomto uspořádání:

- podrobný rozpis všech potrubních větví, členěný podle druhu materiálu, Jt a Js s uvedením začátku a konce větve, druhu materiálu, dopravované látky, druhu těsnění, délky, vnějšího průměru, tloušťky stěny a veškerého příslušenství potrubní větve (ohybu, přírub, závěrů atd.), rekapitulaci za celý provozní soubor podle materiálu a druhu potrubí,
- úplný rozpis armatur, rozdělený podle materiálu, druhu, Jt a Js s odvoláním na umístění armatur (potrubní větve, stroje, aparátu), rekapitulaci za celý provozní soubor,
- kovové konstrukce, které jsou součástí potrubí, uvádí se pořadové číslo, číslo položky na výkresu, název popřípadě odkaz na výkres konstrukce, hmotnost,
- nátěry, členění podle druhů s údajem výměr,
- izolace, jejich druhy s údajem výměr.

3.4.4 Požadavky na dokumentaci vzduchotechniky

Obsah dokumentace k provozní vzduchotechnice pro technologická pracoviště výrobních zařízení lze rozdělit na těchto částí [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11]:

- technickou zprávu,
- výkresovou dokumentaci,
- seznam strojů a zařízení.

Technická zpráva musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- povrchová ochrana a barevné řešení,
- popis provozního souboru, charakteristika zařízení a výpočet zvolených výkonů,
- volba způsobu provedení tepelných izolací,
- požadavky na odzkoušení.

Výkresová dokumentace musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- celkové schéma,
- dispozice (v měřítku 1:100 nebo 1:50) s vyznačením a dispozičním okótovaném potrubí včetně vzduchotechnických zařízení a dalších prvků (dispozice se kreslí v půdorysech a v řezech nutných k dosažení úplného souladu a propojení v rámci technologické části).

Seznam strojů a zařízení musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v něm obsáhnout následující položky v tomto uspořádání:

- specifikace strojů a zařízení, potrubí a kovových konstrukcí,
- specifikace izolací a nátěrů,
- specifikace montáží.

3.4.5 Požadavky na údržbu základních prostředků

Obsah dokumentace k údržbě základních prostředků pro technologická pracoviště výrobních zařízení lze rozdělit na těchto částí:

- technickou zprávu,
- výkresovou dokumentaci,
- seznam strojů a zařízení.

Technická zpráva musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- návrh potřebných úprav stavebních konstrukcí (zavěšení kladkostrojů apod.),
- stanovení a řešení ploch, prostorů a přístupových cest pro demontáž zařízení a jeho uzlů,
- přístupnost a vyměnitelnost součástí a uzlů (max. rozměry, hmotnost, možnost jejich dopravy),
- zásady technologických postupů a podmínek pro provádění údržby a oprav vybraných zařízení,
- celkový výpočet kapacity a technická data zařízení provozovatele určených pro údržbu.

Výkresová dokumentace musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v ní obsáhnout následující položky:

- zpracovávají se jen takové výkresy, které požaduje investor s použitím výkresu technologické nebo stavební části,
- dokumentují se základní prostředky.

Seznam strojů a zařízení musí odpovídat určitým zvyklostem praxe a je nutné v něm obsáhnout následující položky v tomto uspořádání:

- zpracovává se v obdobném složení jako v případě výrobního zařízení (viz. bod v kapitole 3.4 na straně 65).

3.4.6 Požadavky na ochranu před korozí

Obsah dokumentace k ochraně před korozí pro technologická pracoviště výrobních zařízení lze rozdělit na těchto částí [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11]:

- technickou zprávu,
- výkresovou dokumentaci,
- seznam strojů a zařízení.

Technická zpráva - zahrnuje popis a způsob řešení, zdroj proudu, technické parametry, popis užitých zařízení, způsob provozu a ovládání.

Výkresová dokumentace - zahrnuje dispozice uložených zařízení s vyznačením jednotlivých složek aktivní ochrany, schéma systému ochrany, dispozice jednotlivých složek ochrany.

Seznam strojů a zařízení - zahrnuje specifikace zařízení včetně montáže v podrobnostech odpovídajících způsobu zabezpečení dodávek a montáže.

3.4.7 Zpracování nákladů na technologickou část

Tyto se zpracovávají podle požadavků odběratele v členění podle provozních souborů, se zachováním položek seznamu strojů a zařízení, které jsou souhlasné navíc i s pozicemi na výkresech. Do nákladů se počítají jak náklady na dodávky strojů a zařízení tak i za montáž. Souhrnně jsou pak tyto náklady uváděny v souhrnném rozpočtu v hlavě II [1, 3, 5, 6, 10, 11].

3.4.8 Zpracování dokladů a výpočtů

Doklady se zpracovávají v dohodnutém rozsahu a potřebné výpočty zpracované v souladu s příslušnými technickými normami se připojí ve dvou vyhotoveních.

Ke zpracovaným dokladům náleží protokoly o projednání navržených výrobních systémů podle předepsaných zákonů a vyhlášek, týkající se hygieny práce, bezpečnosti práce, požární ochrany, životního prostředí, likvidace odpadů a dalších podle potřeby a závažnosti výrobního procesu. Níže uvedený seznam názvů zákonů a vyhlášek je uveden bez číselné identifikace, která se v čase mění a doplňuje dodatky a tím číselné označení pozbývá aktuální platnosti. Jedná se o následující zákony a vyhlášky, které se týkají [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11]:

- katastru nemovitosti České republiky (katastrální zákon),
- daně z nemovitosti,
- zápisu vlastnických a jiných věcných práv k nemovitostem,
- územního plánování a stavebního řádu (stavební zákon) ve znění změn a dodatků,
- podrobnější úpravy územního řízení a stavebního řádu ve znění vyhlášek,
- životního prostředí,
- posuzování vlivu na životní prostředí apod.



Shrnutí pojmů 3.4.

Technická zpráva, výkresová dokumentace, seznam strojů a zařízení, RTP, systém řízení, provozní rozvod silnoproudu, provozní potrubí, provozní vzduchotechnika, údržba základních prostředků, ochrana před korozi, náklady na technologickou část, doklady a výpočty.



Otázky 3.4.

26. Co obsahuje komplexní dokumentace RTP?
27. Co musí obsahovat technická zpráva pro navržené technologické pracoviště výrobních zařízení?
28. Co je nutno zahrnout ke zpracovaným dokladům a výpočtům?



Úlohy k řešení 3.1.

Každý tým si zvolil v řešení úlohy 2.1 libovolnou technologii a k ní navrhnul vlastní uspořádání RTP. Zvolte si nyní jinou technologii a pro tuto navrhnete podle kapitoly 3.2 prostorové uspořádání strojů a zařízení v navrhovaném RTP. Sami si zvolte způsob, podle kterého budete postupovat.

Podle kapitoly 3.4 vytvořte seznam strojů a zařízení technologické části navrhovaného RTP se všemi potřebnými údaji.

Ve třetí fázi uveďte, které další doklady bude nutno doložit k celkové dokumentaci podle zákonů a vyhlášek.

K řešení této úlohy použijte jako studijní materiál tyto opory, použitou literaturu uvedenou v oporách, elektronické učební texty uvedené na - <http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/>, internet a další zdroje.



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky tohoto odstavce a je Vám vše jasné z kapitoly 3, úspěšně jste zvládli tuto kapitolu. Dejte si nyní den volna před vypracováním úlohy k řešení 3.1 a dalším pokračováním ve studiu. Gratulujeme Vám, zvládli jste více jak polovinu studijních opor.

4 NAVRHOVÁNÍ A PRAKTICKÉ APLIKACE RTP PRO OBRÁBĚNÍ

Kapitola se zabývá klasifikací prostředí RTP v oblasti obrábění, požadavky na průmyslové roboty pro konkrétní praktické aplikace a klasifikací periferních zařízení v oblasti obrábění apod.

Kapitola se zabývá definováním vybraných základních pojmů v oblasti struktur navrhovaných RTP pro obrábění, klasifikací požadavků na uspořádání obráběcích strojů, trendů ve vývoji obráběcích strojů, možnostmi robotizace v oblasti obrábění, klasifikací PRaM pro obsluhu obráběcích strojů, klasifikací charakteristických a specifických periferních zařízení v oblasti obrábění. V této kapitole jsou rovněž uvedené vybrané příklady praktických aplikací RTP v obrábění.

4.1 Klasifikace základních pojmů RTP pro obrábění



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Definovat základní pojmy v oblasti RTP pro obrábění.
-  Definovat základní uspořádání obráběcích strojů.



Výklad

Technologie obrábění je v mnoha případech velmi vhodnou pro realizaci návrhu RTP. To znamená, že technologie obrábění je velmi rozšířený strojírenský způsob výroby součástí. Proces obrábění lze provádět na různých typech strojů [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11]:

- **za rotace obráběného předmětu** - do této skupiny patří soustruhy s vodorovnou osou rotace a soustruhy se svislou osou rotace (karusely), k této skupině patří také brusky při obrábění broušením rotačních ploch,
- **rotační pohyb vykonává nástroj** - v tomto případě je obrobek pevně upnutý, dále zde patří všechny typy vrtaček apod.
- **rotační pohyb vykonává nástroj** - obrobek je upnutý na upínacích stolech, s možností přímočarého pojezdu v jednom směru, ve dvou nebo třech směrech nebo na otočném upínacím stole. K těmto strojům patří frézky, vyvrtávačky, rovinné brusky apod.,
- **přímočarý pohyb vykonává jak nástroj, tak obrobek** – do této skupiny patří vodorovné a svislé hoblovky.



Pojmy k zapamatování

Obráběcí stroje lze v návrzích RTP pro obrábění uspořádat různým způsobem v závislosti na typu obrobku, množství apod. V podstatě lze charakterizovat následující uspořádání obráběcích strojů:

- **Jednotlivé obráběcí stroje** - do této skupiny lze zařadit např. konvenční stroje, automaty, poloautomaty, NC stroje, neexistuje zde přímá vazba z hlediska materiálového toku a přenosu informací.
- **NC obráběcí hnízda** - pojmenované také jako ostrovy pružné výroby, vhodné pro velký počet různých druhů obráběných součástí. Technologické operace v této ucelené skupině jsou automatizované, takže je možnost strojové obsluhy, ale ostatní činnosti, např. manipulace a transport obrobků a nástrojů je ruční a vyžaduje pracovníky. Změna výrobního programu je snadná.
- **NC automatizované obráběcí buňky** - nebo také pružné výrobní buňky (moduly) FMC (flexible manufacturing cell) představují samostatná technologická pracoviště, sestávající z jednoho nebo několika NC obráběcích strojů, které jsou svázány automatickým manipulačním zařízením pro obrobky, případně pro nástroje. Automatický manipulátor nebo PR obsluhuje stroje v buňce. Změna výrobního programu je snadná. Mezi obráběcí buňky lze zařadit i obráběcí centra s výměníky a zásobníky palet a nástrojů.
- **Transferové obráběcí linky s tvrdou automatizací** - tyto jsou složeny z několika technologických pracovišť, které jsou určené pro automatické obrábění jednoho nebo dvou druhů velmi podobných součástí. Sled operací se nemění a pracovní takt je stejný pro všechna pracoviště - synchronní linka, obdobný princip má jednoúčelový stroj s otočným stolem (pro menší a jednodušší obrobky).
- **Pružné transferové linky** - jsou určeny pro automatické obrábění menšího počtu příbuzných obrobků ve větších dávkách. Linka je vybavena nástroji a upínacími přípravky pro vybrané druhy obrobků. Při změně druhu obrobků je potřeba vyměnit nástroje (revolverové několika vřetenové obráběcí hlavy), upínací zařízení a řídicí programy. Pro stejný cíl se používá obráběcí centrum se zásobníkem a s automatickou výměnou několika vřetenových hlav pro obrábění.
- **Automatizované výrobní systémy AVS pro obrábění** - jsou složeny z různých pracovišť, která jsou předmětně specializovaná a jsou integrovaná informačním a materiálovým tokem. Tato pracoviště jsou vzájemně spojena transportním zařízením, které navazuje na sklady. Součástkové spektrum tvoří skupina technologicky podobných, ale geometricky se lišících součástí. Pružnost se projevuje možností měnit pořadí obráběných součástí, rychle realizovat konstrukční změny na obrocích a doplňovat výrobní sortiment podle požadavků trhu.
- **Automatizované dílny** - představují seskupení několika AVS.
- **Automatizované závody** - představují seskupení dílen do větších výrobních celků.



Shrnutí pojmů 4.1.

Obráběcí stroje, NC obráběcí hnízda, NC automatizované obráběcí buňky, transferové obráběcí linky, pružné transferové linky, automatizované výrobní systémy, automatizované dílny, automatizované závody.



Otázky 4.1.

29. Na jakých typech strojů lze realizovat proces obrábění?

30. Jak byste definovali pružné transferové linky?

4.2 Trendy a možnosti robotizace v obrábění



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Definovat trendy v oblasti vývoje obráběcích strojů.
-  Definovat možnosti robotizace v technologii obrábění



Výklad

Nová etapa automatizace strojírenské výroby začala zavedením elektronických systémů číslicového řízení obráběcích a dalších strojů. Uplatnění principu počítačového řízení strojů a z nich sestavených systémů vyřešilo problém automatizace malosériových a kusových strojírenských výrob a tvorbu pružně automatizovaných výrobních soustav. Další intenzivní rozvoj strojírenství s nahrazením pracovní síly lze zajistit urychleným rozvojem automatizovaných výrobních prostředků a využitím PRaM v RTP. Tato skutečnost předpokládá, že stroje na bázi NC techniky (CNC, DNC apod.), musí být vybaveny řadou přídatných zařízení a prvků, které nahrazují zásahy obsluhy a zajišťují bezporuchový chod jak samotného procesu obrábění, tak spolehlivost všech funkcí stroje a dodržení požadované přesnosti.

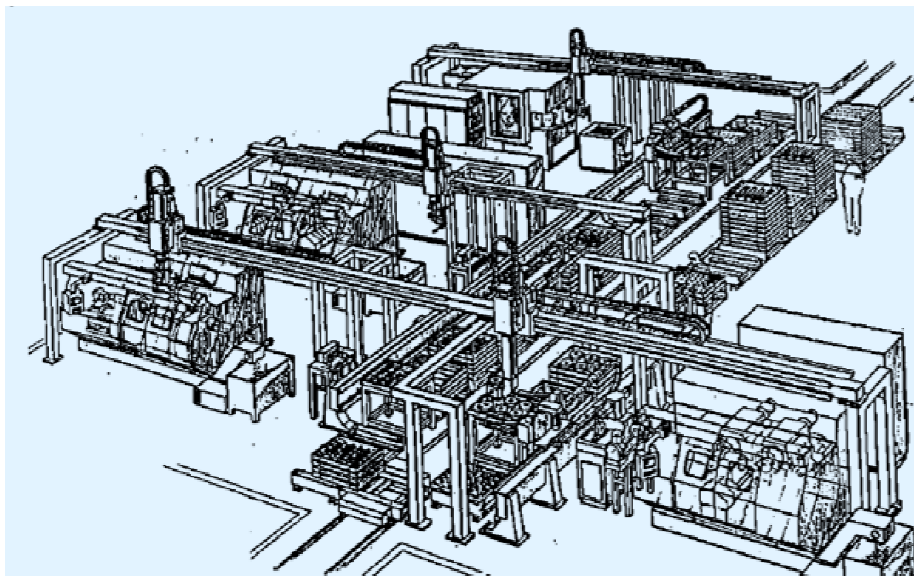
Z těchto důvodů se stroje doplňují integrovanými prostředky pro automatickou operační manipulaci s obrobky, nástroji a odpadem. Tyto musí navazovat na systém mezioperační dopravy tak, aby stroj mohl pracovat jak samostatně, tak v ucelených výrobních soustavách o různé úrovni automatizace, s integrovanými prostředky a systémy adaptivního řízení, kontroly a diagnostiky, kterými je zajišťována požadovaná vysoká produktivita, kvalita a přesnost výroby [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 19, 20].

Mezi hlavní trendy ve vývoji obráběcích strojů patří:

- automatizace pracovního procesu s aplikací PRaM do RTP,
- elektronizace hlavních pracovních a pomocných funkcí stroje,
- vysoce výkonné řezné nástroje a upínací nářadí pro zcela nové typy a konstrukce obráběcích strojů,
- postupné řešení bezobslužných strojů, které představují autonomní technologické jednotky s automatickou manipulací s nástroji, obrobky i odpadem,
- postupné sestavování strojů do RTP, AVS a PVS.

Pružné výrobní linky – jsou využívány při aplikaci NC výrobní techniky ve velkosériové a středně sériové výrobě (na rozdíl od PVS pro oblast malosériových výrob). Takto lze označovat výrobní soustavy, které svým charakterem odpovídají transferovým linkám a jednoúčelovým strojům. Musí mít možnost velice rychlého přestavení podle variant obrobku, což je umožněno buď vlastní strukturou pružných výrobních linek nebo jejich komponent. Používají se CNC a DNC obráběcí centra, pracující s více vřetenovými hlavami a automaticky vyměnitelnými nástroji pro obrábění, konstruovanými podle požadavků uživatele

a používané podle programu. Tato obráběcí centra se podobají koncepčně konvenčním jednoúčelovým strojům stavebnicové konstrukce. Lze je rovněž použít i mimo pružné výrobní linky jako jednotlivé NC stroje, případně seskupení několika těchto strojů. Předpokladem je zvyšování požadavků na pružnost výroby i ve vyšších typech výrob při současném zvýšení produktivity. Příklad pružné výrobní linky znázorňuje obr. 4.1 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11].



Obrázek 4.1 – Pružná výrobní linka pro výrobu přírub a hřídelí

Možnosti robotizace v obrábění - představují stále větší možnosti aplikací průmyslových robotů různých struktur v této oblasti. Vývoj RTP v obrábění se zaměřoval zejména na komplexní obrábění rotačních součástí soustružením, vrtáním mimo osu, frézováním a obrábění nerotačních skříňových a plochých součástí vrtáním, vyvrtáváním a frézováním, při minimálním počtu přepnutí na stroji.



Pojmy k zapamatování

V oblasti malosériové a středně sériové výroby pracují NC stroje automaticky, ale ponechává se ještě cca 70 % činnosti pro obsluhu (jedná se např. o vybavování a seřízení stroje, měření a zkoušení obrobků a dohled na stroj, upínání a odepínání obrobků a nástrojů apod.). Z analýzy činností u obráběcích strojů lze definovat následující možnosti využití průmyslových robotů:

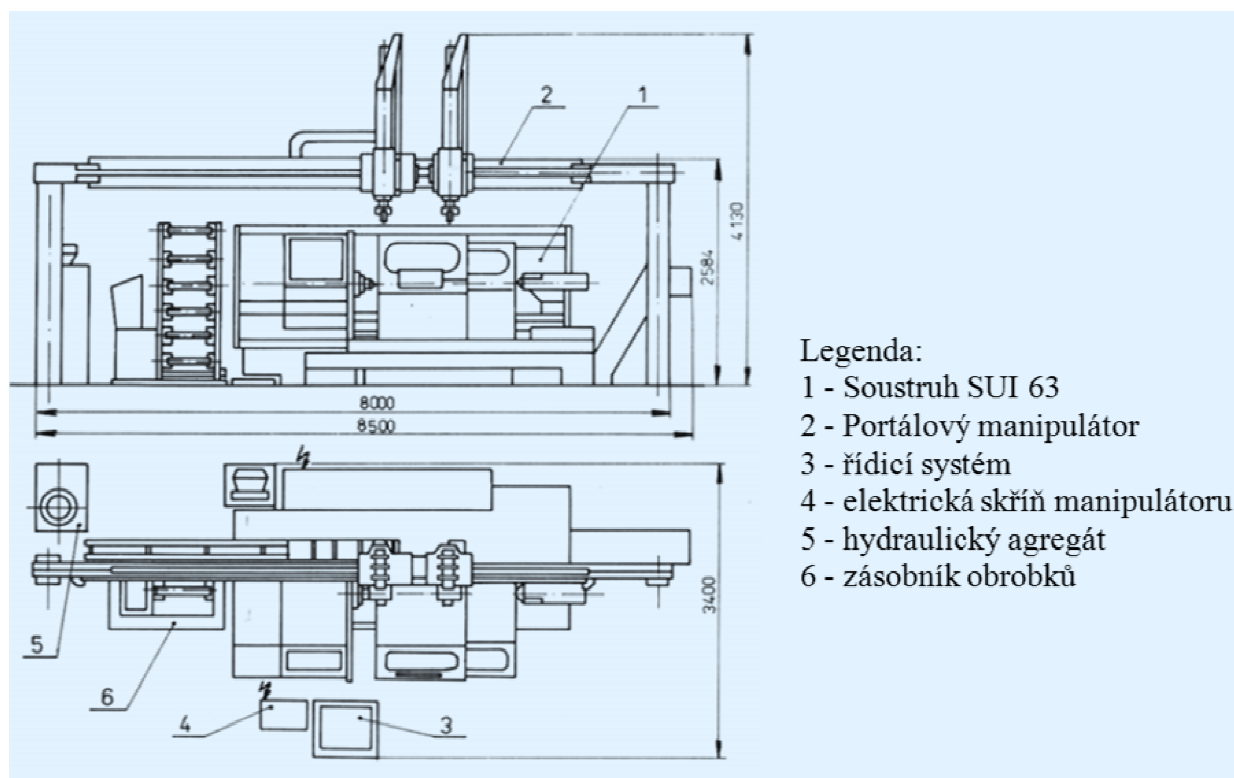
- 1) Aplikace PRAm na pracoviště obrábění pro vykonávání operační manipulace
 - vyjímání obrobků a ukládání do předem určených pozic, do zásobníku, do dalšího stroje, na paletu apod.,
 - odebrání polotovarů ze zásobníku, jejich následné vkládání do upínacích čelistí stroje, ve kterých jsou pak polotovary upevněny po celou dobu obrábění,
- 2) Integrovaní manipulačního zařízení do stroje
 - výměna nástrojů
 - manipulace s technologickými paletami v obráběcím centru apod.
- 3) Provádění technologické operace obrábění

- pracovní hlavice robotu může být uzpůsobena jako nosič nástroje, např. malé vrtačky s vrtákem, brusky pro broušení, ocelového kartáče pro čištění, frézky pro odstranění ořepu hran (ojehlení) apod.,
- pracovní hlavice robotu může být uzpůsobena pro uchopení polotovaru, se kterým je manipulováno proti obráběcímu nástroji, brusce apod.

Navrhované RTP obrábění nebo automatizovaný výrobní stroj, který je doplněný PRaM, včetně vhodného periferního zařízení umožňují vyšší časové využití strojního zařízení a zvýšení výkonu pracoviště. V převážné většině byly v obrábění robotizovány operace soustružení (cca 50 %), frézování a vrtání (cca 25 %) a broušení (cca 10 %).

Z hlediska vývojových trendů se směřuje k aplikacím robotů pro více strojovou obsluhu NC obráběcích strojů seskupených do buněk a systémů, řízených nadřazeným počítačem apod. To znamená, že optimální využití všech prvků výrobního systému, včetně konstrukčního řešení integračních prvků je na vyšší úrovni, zjednodušuje se údržba, obsluha a zvyšuje se efektivnost využití. PRaM se v řadě případů uplatňují i pro obsluhu poloautomatických strojů (např. kopírovacích soustruhů a více vřetenových strojů s upraveným řízením). Příklad RTP obrábění delších válcových součástí znázorňuje obr. 4.2. Posuzování vhodnosti technologických operací obrábění pro uplatnění robotů lze realizovat podle následujících kritérií [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11]:

- vzájemná poloha nástrojů a obrobků ve výchozí poloze (otevřená, uzavřená),
- způsob polohování obrobků (obrobek fixovaný řeznými silami, případně v přípravku, počet polohovacích ploch),
- znečišťování pracovní zóny třískami, chladicí kapalinou apod.,
- nutnost přídavného zařízení pro odstraňování znečištění.



Obrázek 4.2 – Příklad RTP obrábění delších válcových součástí

Pro robotizované obrábění jsou z hlediska manipulovatelnosti nejvhodnější hřídelové a přírubové součásti (největší počet aplikací). Při analýzách obráběcích strojů je nutné se zaměřit zejména na dobrou přístupnost ramenem PRaM do pracovní zóny stroje. Další důležitý parametr představuje dovolená nepřesnost vykonávání manipulačních pohybů při upínání obrobků na pracovní místo (optimální kolem 1 mm, pod 0,5 mm je nutno použít PRaM s vyšší přesností polohování, případně speciální úpravu efektoru). Tyto skutečnosti vyvolávají následující požadavky na obráběcí stroje, případně úpravy stávajících strojů RTP obrábění:

- automatické otvírání a zavírání ochranných krytů,
- automatické indexování polohy vřetena,
- automatické ovládání startu programu a indikace ukončení cyklu obrábění,
- automatické ovládání sklíčidla soustruhu případně upínacího přípravku.

PRaM pro obsluhu obráběcích strojů - představují širokou škálu možných konfigurací, které se s výhodou mohou uplatnit při navrhování RTP pro obrábění a lze je definovat následujícím způsobem:

- 1) Roboty a manipulátory integrované do konstrukce stroje (samoobslužné stroje). Robot v tomto případě využívá společný energetický a řídicí systém (nemusí to být pravidlem) a jeho parametry jsou odvozeny od součástkové základny vhodné pro daný stroj. Konstrukce manipulátorů pro obsluhu soustruhů mají převážně tyto parametry:
 - 5° volnosti,
 - nosnost 2 x 8 kg,
 - přesnost polohování cca 0,5 mm,
 - řídicí systém s cca 40 vstupy a výstupy,
 - úspora výrobní plochy,
 - konfigurace byly jako samoobslužný stroj – zásobník,
 - jako nevýhoda je omezený přístup k pracovnímu prostoru stroje.
- 2) Účelové roboty a manipulátory určené pro obsluhu určité třídy obráběcích strojů. Konfigurace typu stroj - robot – zásobník, mající převážně tyto parametry:
 - nosnosti od 2 do 200 kg,
 - 3 až 6 řízených os, v závislosti na perifériích,
 - přesnost polohování od $\pm 0,05$ do $\pm 0,5$ mm,
 - pracovní prostor je v rozmezí 0,6 až 13 m²
 - rychlosti pohybu se pohybují od 150 do 480 s⁻¹ u rotace a 1,2 až 4 m.s⁻¹ u přímočarých pohybů.
- 3) Účelové manipulátory integrované s velkokapacitním zásobníkem obrobků. Konfigurace typu stroj - manipulační terminál.
- 4) Portálové manipulátory mající převážně tyto parametry:
 - jednoduchá kinematická struktura,
 - nezabírají výrobní plochu.
- 5) Mostové konfigurace mají ještě větší pracovní prostor.
- 6) Univerzální stojanové roboty - stabilní nebo na pojezdu, mající obvykle cylindrický pracovní prostor, 4 až 5° volnosti, většinou postačuje řízení PTP a přesnost polohování cca 1 mm.

**Shrnutí pojmů 4.2.****Pružné výrobní linky, robotizace v obrábění, PRaM pro obráběcí stroje.****Otázky 4.2.**

31. Jak lze charakterizovat pružné výrobní linky?
32. Jaké jsou možnosti využití průmyslových robotů u obráběcích strojů?
33. Jak lze rozdělit PRaM pro obsluhu obráběcích strojů?

4.3 Periferní zařízení RTP pro obrábění**Čas ke studiu:** 2 hodiny**Cíl:** Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Definovat charakteristická periferní zařízení pro RTP obrábění.
-  Definovat jejich rozdělení, typy a využití.

**Výklad**

PRaM plní v technologii obrábění téměř výlučně funkce manipulační. Může přitom jít o manipulaci s obrobkem nebo s nástroji. Škála periferních zařízení je značně široká vzhledem k různorodosti typů obrobků, se kterými se manipuluje a možné návaznosti na další robotizovaná pracoviště. Proto robotizování konkrétního pracoviště předpokládá kromě vybavení PRaM také využití dalších přídatných automatizačních prostředků. Tyto mají úlohu zajistit např. polohování objektů, mezioperační manipulaci, orientaci objektů apod. Kromě toho je potřeba RTP vybavit také bezpečnostními prvky, které představují zařízení zabezpečující bezpečnou interakci PRaM s okolím. Velmi charakteristická a specifická pro tato pracoviště jsou zařízení pro odsun třísek a odpadů. Vzhledem na širokou škálu používaných periferních zařízení je lze rozdělit z hlediska účelu nasazení do těchto hlavních skupin [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11]:

- periferní zařízení vstupní a výstupní části RTP,
- periferní zařízení pro odsun třísek a odpadů,
- ostatní periferní zařízení.

Vstupní a výstupní periferní zařízení RTP tvoří rozhraní mezi operační manipulací a mezioperační manipulací. Musí zajišťovat snadnou přístupnost prostředků mezioperační dopravy provádějící zásobování RTP polotovary. V zásadě lze zásobování a odsun realizovat dvěma způsoby:

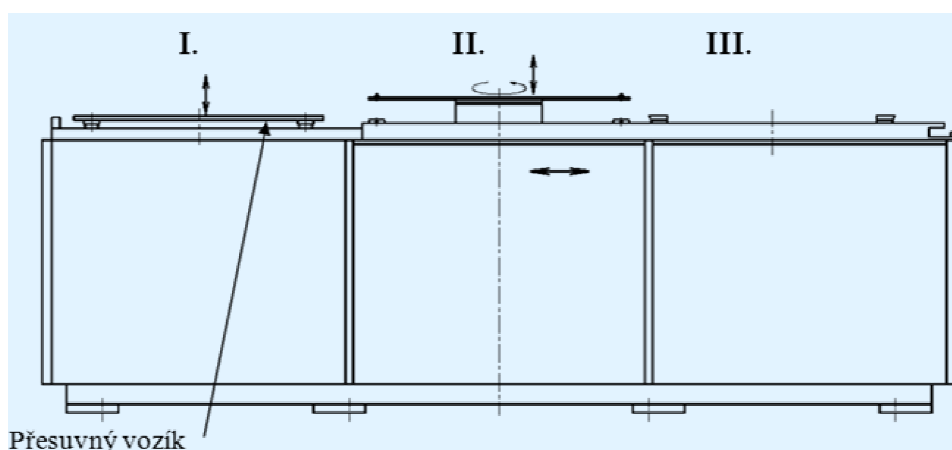
- prostřednictvím systémových palet,
- prostřednictvím dopravníků nebo zásobníků.

V obou uvedených případech se bude jednat o zajištění přesného polohování palety nebo polotovaru na odebíracím místě RTP s ohledem na typy a možnosti PRaM. To může platit také na výstupu z RTP v případě, že na dané pracoviště navazují např. další robotizovaná pracoviště, která vyžadují přesnou polohu a orientaci polotovaru apod.

Periferní zařízení určená pro ustavení a polohování systémových palet - představují v nejjednodušším případě pevný stůl, na kterém jsou středící prvky pro přesné ustavení palety. Středění je ve většině případů podobné jako se používá při stohování palet. Výhoda tohoto řešení je v tom, že se palety na stůl ustavují stejným způsobem a stejnými transportními prostředky jako je tomu např. ve skladech. Nevýhodou tohoto způsobu je řešení ve ztrátových časech při výměně palety a složitějším programování pracovního cyklu PRaM. Polotovary se vybírají každý z jiného místa. Proto se tento způsob využívá např. všude tam, kde jsou dlouhé operační časy pro zpracování polotovaru nebo obrobku v technologickém zařízení. Během jednoho cyklu lze bez ztrátových časů provést výměnu palety.

Stůl pro ustavení palety musí být vybaven snímači, které indikují její přítomnost a dále musí být ukotvený k podlaze. Ukotvení je nutné vzhledem k zajištění přesné polohy vůči ostatním komponentům a zejména PRaM. Kotvení periferních zařízení z důvodu zajištění jejich stálé polohy s ohledem na vzájemné vazby lze provádět buď přímo do podlahy pomocí základových šroubů (ČSN 021393) nebo na speciální rám (jsou na něm kotveny všechny části RTP), případně na ocelovou desku která je následně kotvena k podlaze [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11].

Kromě výše popsaných jednoduchých řešení je výhodnější a ve většině případů také vyžadované řešení vstupního zařízení RTP s přesuvným či otočným stolem pro palety. Tato periferní zařízení umožňují automatickou výměnu palet za chodu RTP. Výhoda takového řešení je v tom, že k výměně palety je k dispozici čas potřebný ke zpracování všech polotovarů nebo výrobků v paletě. Toto periferní zařízení je vhodné tam, kde jsou krátké operační časy a kde není k dispozici v daném okamžiku zaváděcí zařízení. Příkladem takovýchto zařízení mohou být přesuvny palet se třemi polohami. Schéma takového přesuvny znázorňuje obr. 4.3.



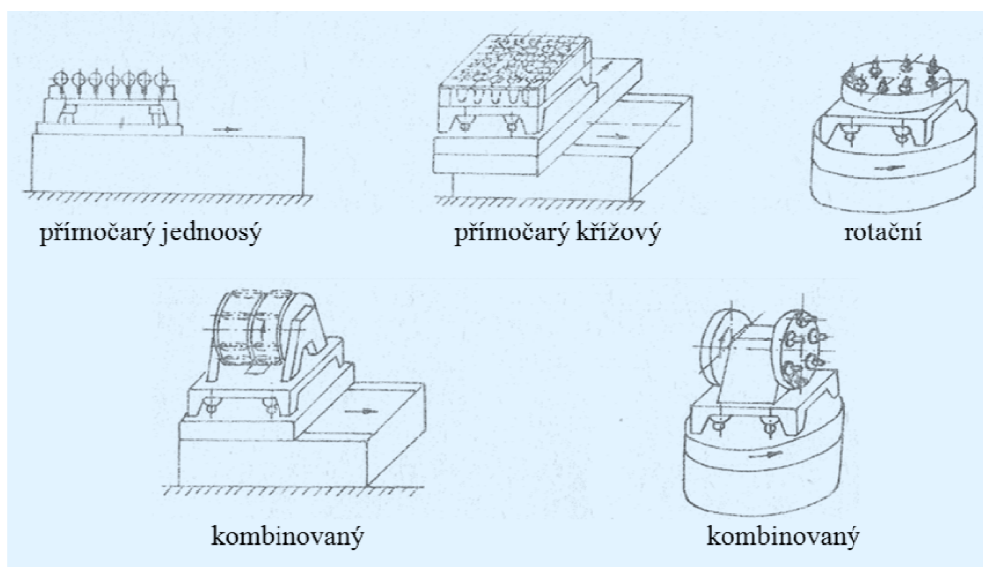
Obrázek 4.3 – Příklad přesuvny se třemi polohami

Střední poloha na přesuvně je pracovní a je určena k vyjímání obrobku z palety. Krajní polohy slouží střídavě k výměně palet. Přesuvný vozík je určený pro dvě palety a jeho posuv je roven rozteči palet na vozíku. Pohon vozíku zajišťuje nejčastěji přímočarý pneumatický

nebo hydraulický motor. Pneumatické motory se využívají u menších zařízení. Hydraulické motory se používají tam kde je potřeba vyvinout větší silový účinek s dobrou regulovatelností rychlosti pohybu a to zejména při dojíždění do krajních poloh.

V případech kdy nelze z různých důvodů (např. prostorových apod.) použít třípolohového vstupního zařízení využívají se dvoupolohová vstupní zařízení. První poloha je určena pro výměnu palet a druhá je pracovní. Z pracovní polohy se provádí odběr polotovarů k dalšímu zpracování. V celé řadě případů se vyskytuje požadavek u vstupního zařízení RTP na přidavný pohyb palety v pracovní poloze. V podstatě se může jednat o následující přidavné pohyby, jak znázorňuje obr. 4.4 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11]:

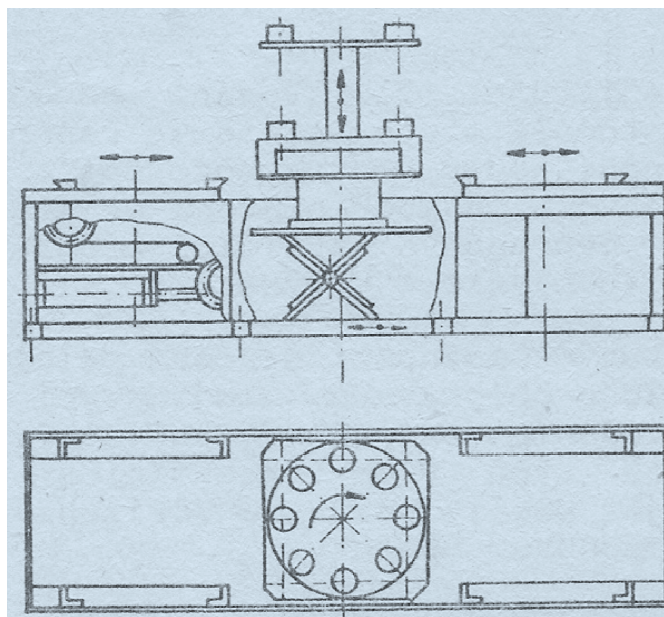
- přímočarý jednoosý,
- přímočarý křížový,
- rotační,
- kombinovaný.



Obrázek 4.4 – Příklad dvoupolohových přidavných zařízení

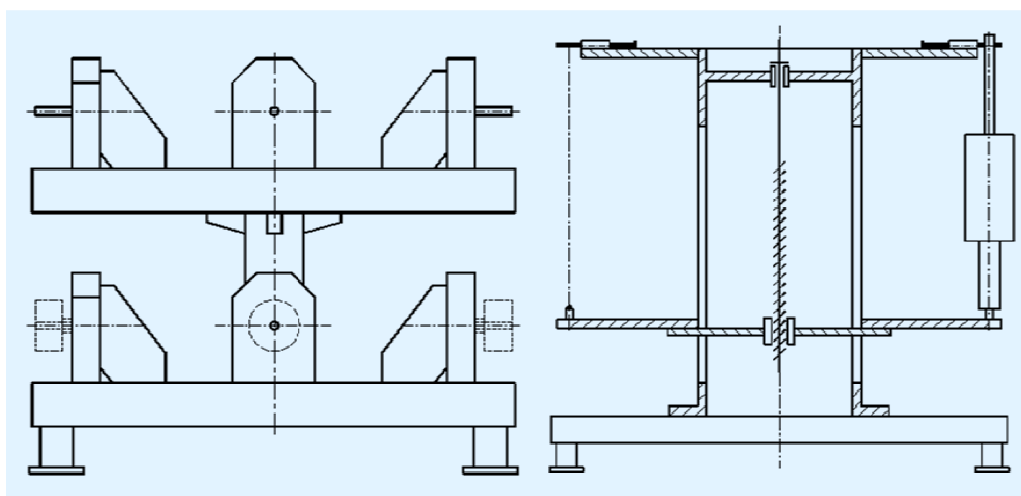
Tam kde PRaM nemůže obsáhnout celou půdorysnou plochu palety, používá se přidavný pohyb. Tohoto způsobu lze použít také v případě požadavku využití PRaM s menším počtem stupňů volnosti apod. Robot nebo manipulátor odebírá polotovary stále ze stejného místa (jednodušší program). Další výhodou je zkrácení manipulačních časů překrýváním časů PRaM a periferního zařízení. Příklad tohoto vstupního periferního zařízení znázorňuje obr. 4.5 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11].

Zařízení znázorněné na tomto obrázku zajišťuje přísun a odsun systémových palet a otáčení palety v pracovní poloze. Paleta s polotovary je připravena ve vstupní poloze a po opracování polotovarů se systémová paleta s obrobky přesune z pracovní polohy do výstupní polohy. Zároveň dojde k přesunu palety ze vstupní polohy do pracovní polohy. Vstupní a výstupní polohy se mohou měnit. Otočný stůl je při přesouvání palet do střední polohy spuštěný. Stůl při vysunutí do horní polohy přebírá paletu na středící hroty umístěné na horní ploše otočného stolu. Pohyb stolu ve vertikálním směru lze řešit jako vícepolohový a to v případě kdy se použije systémová paleta s polotovary uloženými ve více vrstvách.



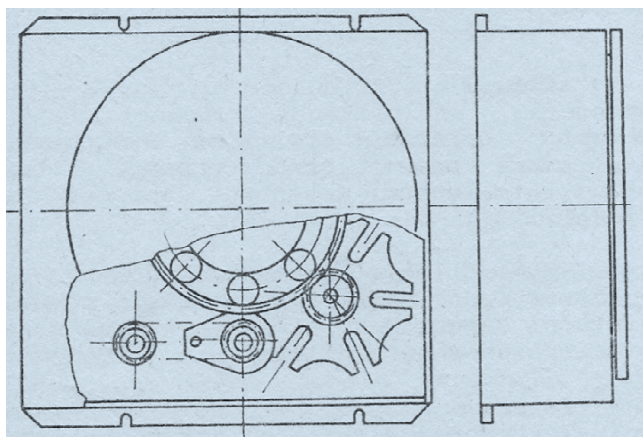
Obrázek 4.5 – Příklad přesuvny s přídatným pohybem

Vstupní periferní zařízení na obr. 4.5 je vhodné pro operační zásobu. Jedná se o vychystávání přírubových nebo hřídelových součástí na soustružnických pracovištích. Příklad vhodných systémových palet pro součásti hřídelového typu pro takováto pracoviště znázorňuje obr. 4.6 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11].



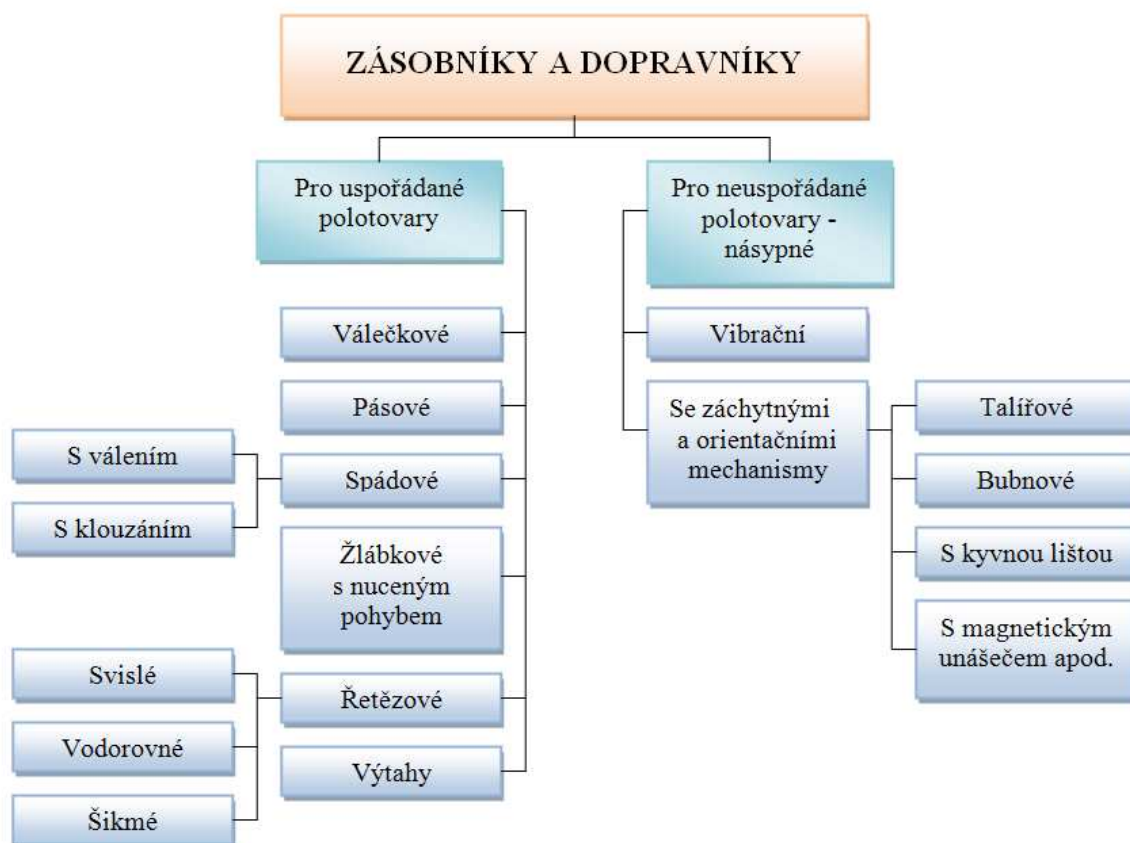
Obrázek 4.6 – Příklad systémových palet

Jako další varianty vstupního periferního přesuvného zařízení mohou tvořit otočné jednotky umístěné na zvedacím stole. Tyto mohou být řešeny různým způsobem. Jejich konstrukce musí být řešena tak, aby se paleta mohla otáčet s definovaným krokem (pootočení o určitý úhel) s dostatečnou přesností polohování a aretací v této poloze. Pro zabezpečení tohoto způsobu krokování se velmi často používá maltézský mechanismus. Schéma konstrukce jednotky s využitím maltézského mechanismu nezorňuje obr. 4.7. Hlavní pohon otočného stolu zajišťuje elektromotor s převodovkou. Jeho chod je řízený řídicím systémem PRaM. Výměnou ozubeného převodu mezi deskou stolu a maltézským mechanismem lze nastavit počet poloh. Výhodou tohoto mechanismu je ideální průběh rychlosti a zrychlení během otáčení stolu [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11].



Obrázek 4.7 – Příklad jednotky s využitím maltézského mechanismu

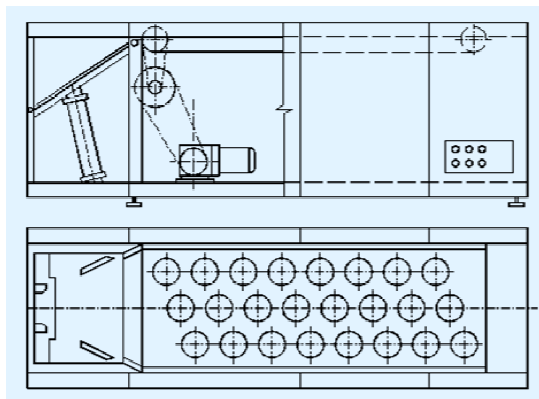
Zásobníky a dopravníky jako periferní zařízení RTP – představují zařízení na vstupní části pracoviště. Jedná se o zařízení, která mohou být určena k vytvoření operační zásoby polotovarů nebo mohou být ve funkci mezioperačního dopravního prostředku. Obě funkce mohou být také spojeny a v tom případě představují tzv. zásobníkové dopravníky. Jejich systematické členění podle funkčních a konstrukčních znaků znázorňuje obr. 4.8 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11].



Obrázek 4.8 – Rozdělení zásobníků a dopravníků

Jako příklad lze uvést využití krokovacích dopravníků v podobě zásobníku bez použití systémových palet. Toto lze realizovat v celé řadě variant RTP pro obrábění. Příklad možného řešení znázorňuje obr. 4.9. Tato varianta představuje pásový dopravník, na který se podle

požadavku ukládají obrobky (např. obrobky přírubového typu) tak, aby byly vždy odděleny od sebe ve směru pohybu určitou mezerou. Mezera musí odpovídat úhlu pootočení bubnu a jeho celočíselný násobek odpovídá 360° . Poloha jednotlivých obrobků je na páse barevně vyznačena. Tímto způsobem je vytvořena operační zásoba. Tímto způsobem lze realizovat také mezioperační propojovací dopravník.



Obrázek 4.9 – Příklad krokovacího dopravníku využívaného také jako zásobník

Jestliže se využívá válečkový dopravník pro přísun obrobků do odebíracího místa RTP, musí být tento vybaven dalšími doplňky. Jedná se o dorazy a vedení, které zastaví obrobek v definované poloze pro odběr PRAm a zároveň zajistí jeho vystředění. V řadě případů využívají PRAm z technologických důvodů také efektory pro uchopení více obrobků najednou [26]. V tom případě je potřeba vybavit dopravník sklopnými dorazy, které zajistí přesné ustavení odebíraných součástí v požadované poloze a orientaci. Rovněž v tomto případě platí podmínka, aby dorazy nebránili snadnému uchopení a odebrání obrobků efektozem. Pro názornost lze uvést na obr. 4.10 několik dalších možných konstrukcí dopravníků, které lze použít jako vstupní periferní zařízení RTP v oblasti třískového obrábění [11, 29, 29, 40].



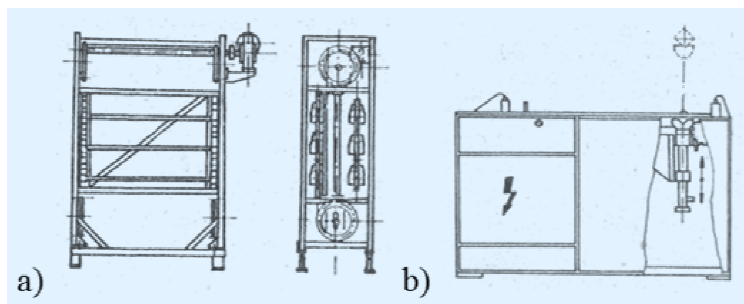
Obrázek 4.10 – Příklad konstrukcí válečkových dopravníků

Jinou velkou skupinu vstupních periferních zařízení RTP pro obrábění představují zásobníky pro vytvoření operační nebo mezioperační zásoby polotovarů či obrobků. V podstatě lze tyto zásobníky rozdělit na:

- zásobníky pro uspořádané polotovary,
- zásobníky pro neuspořádané polotovary.

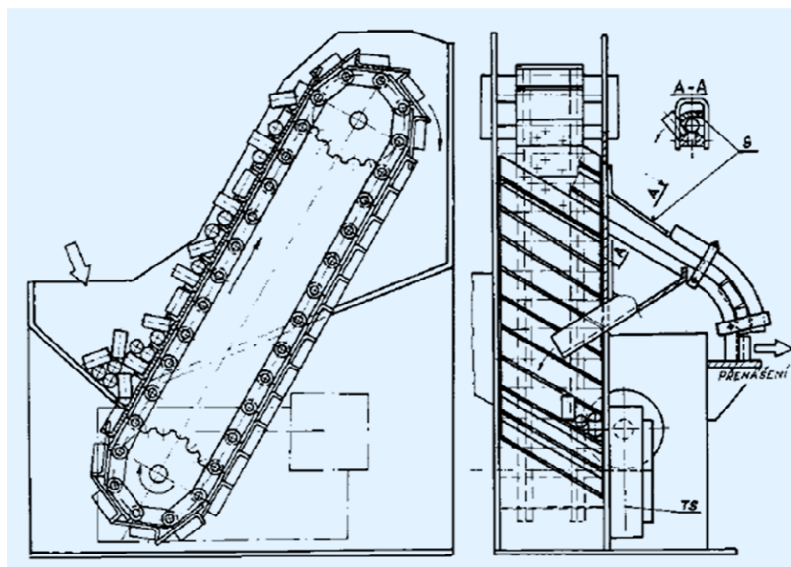
Příklad zásobníku pro uspořádané polotovary může být řetězový zásobník jako vstupní periferní zařízení RTP. Nosné elementy jsou u těchto zásobníků upevněny na tažném řetězu.

Ten dopravuje v taktu součásti k odebíracímu místu ve vodorovném nebo svislém směru. Pro součásti hřídelového typu lze použít např. řetězový zásobník se svislým pohybem. V podstatě se jedná o dva paralelní řetězové okruhy, na kterých jsou v určitých vzdálenostech připevněny unášče pro nesení polotovaru. Schéma konstrukce řetězového zásobníku znázorňuje obr. 4.11a [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11]. Jinou konstrukci představuje zásobník označený jako dávkovač vstupu znázorněný na obr. 4.11b.



Obrázek 4.11 – Příklad zásobníků pro uspořádané polotovary

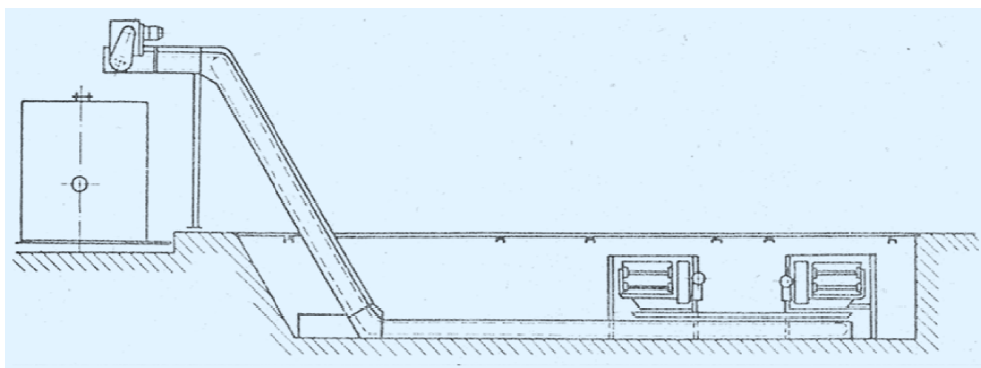
Do druhé skupiny zásobníků pro neuspořádané polotovary lze zařadit např. zásobníky násypné. Do těchto zásobníků se nasypou drobné neuspořádané polotovary a vystupují orientované, připravené k dalšímu zpracování. Násypný zásobník se skládá z násypky, zařízení pro zachycení předmětu a zařízení pro jejich orientaci. Na konstrukční řešení zásobníků má podstatný vliv tvar a velikost orientované součásti. To má podstatný vliv na univerzálnost těchto zásobníků. Výjimku tvoří vibrační zásobníky. Příklad řešení takového zásobníku mající záchytné a orientační ústrojí znázorňuje obr. 4.12 [1, 3, 5, 6, 10, 11, 28].



Obrázek 4.12 – Příklad zásobníku se záchytným a orientačním ústrojím

Periferní zařízení pro odsun třísek a odpadů - řeší problém odsunu odpadu z pracoviště. Vzhledem k tomu, že se jedná o bezobslužná pracoviště, musí být i odsun odpadu zajištěn automaticky. U výrobních strojů pro třískové obrábění pro příslušné RTP musí být zajištěna podmínka dělené třísky. V opačném případě bude docházet k poruchám u periferních zařízení zajišťujících odsun odpadu (nedělených třísek) a v souvislosti s tím také k zastavení celého RTP.

Použití vhodného typu periferního zařízení pro odsun odpadu závisí na jeho množství. Pro RTP s malým množstvím vznikajících třísek by bylo budování dopravníkového systému pro jejich odsun nákladné. Proto v tomto případě postačí vhodně volené skluzy, které přivádějí odpad do připravených beden. Bendy pro odpad bývají často zapuštěné do podlahy a jejich kapacita z důvodu výměny musí stačit minimálně na jednu směnu. Pro větší obráběcí centra kde vzniká větší množství třísek, instalují se speciální třískové dopravníky, které zabezpečují odsun odpadu v kanálech, zabudovaných pod podlahou. Tyto odvádějí odpad mimo pracoviště do beden. Příklad třískového dopravníku pro odsun odpadu znázorňuje obr. 4.13 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11].



Obrázek 4.13 – Příklad třískového dopravníku pro odsun odpadu

Problematicku odsunu odpadu lze v zásadě rozdělit do dvou hlavních oblastí:

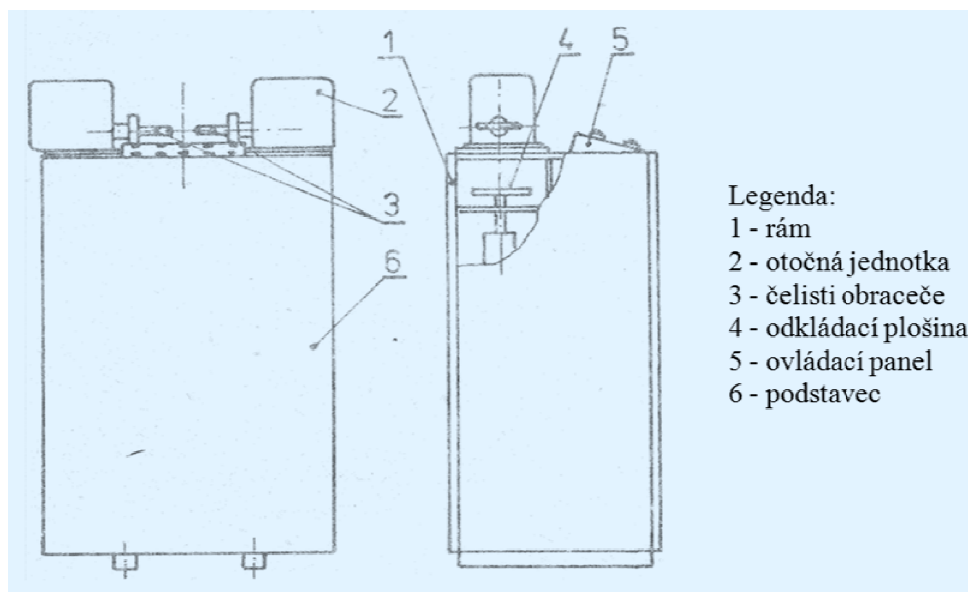
- odsun odpadu z oblasti technologického pracoviště,
- odsun odpadu z výrobních soustav v návaznosti na odsun ze závodu.

Ostatní periferní zařízení – mohou představovat např. zásobníky, které jsou určeny pro RTP např. se dvěma PRaM obsluhující dva obráběcí stroje s navazujícími operacemi a jedná se o manipulaci s hřídelovými součástkami. Takovýto typ zásobníku může představovat např. předávací stanoviště s možností vytvoření mezioperační zásoby pro případ poruchy či jiného důvodu.

Dalším používaným periferním zařízením této skupiny jsou obraceče. Obraceče mají za úkol před nebo po provedení operace, případně mezi jednotlivými úkony operace provést změnu polohy součásti. V některých případech může tento úkon provést také PRaM. V tom případě musí být vybaven zápěstím s příslušnou osou rotace. V celé řadě případů je však s ohledem na tvar a velikost součásti nutno použít samostatné zařízení pro vykonání tohoto úkonu. Konstrukce obraceče je závislá na tvaru, velikosti a hmotnosti součásti apod., se kterou bude manipulováno a dále na požadovaném počtu stupňů volnosti obraceče (počtu os okolo kterých je nutno rotovat k dosažení požadované orientace součásti). Schéma možné konstrukce obraceče znázorňuje obr. 4.14 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11].

Činnost obraceče v rámci jednoho cyklu spočívá v tom, že PRaM odloží uchopenou součást (v tomto případě přírubového typu) na vysunutou odkládací plošinu, čelisti obraceče součást upnou, následuje přesunutí plošiny do dolní polohy, obraceč otočí součást o 180°, plošina se vysune, čelisti obraceče součást uvolní a ta je opět připravena k odběru efektozem PRaM. Ve většině případů půjde o dvoupolohové pohyby. Zvedací zařízení u obraceče lze

vypustit v případě, že PRaM bude uchopovat součást efektořem za vnitřní průměr. Při požadavku otočení součásti okolo vertikální osy o 180° lze použít jiné typy obracečů [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11].



Obrázek 4.14 – Příklad konstrukce obraceče



Shrnutí pojmů 4.3.

Periferní zařízení vstupní a výstupní, periferní zařízení pro odsun třísek a odpadů, ostatní periferní zařízení, dopravníky, zásobníky, obraceče.



Otázky 4.3.

34. Jaké se používají vstupní a výstupní periferní zařízení v RTP pro obrábění?
35. Jak lze rozdělit zásobníky a dopravníky?
36. K čemu slouží obraceče?

4.4 Praktické aplikace RTP pro obrábění



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

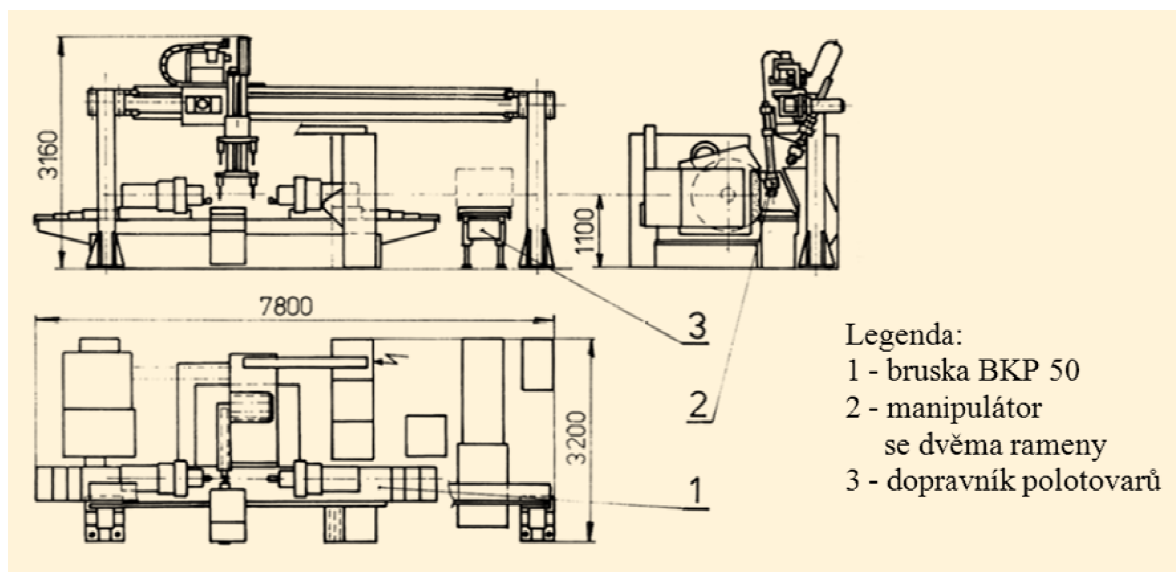
- ✚ Definovat konkrétní aplikace RTP pro obrábění.



Výklad

Existuje široká škála různých RTP se zaměřením na proces obrábění. Je mnoho různých variant konkrétních aplikací a každá z nich má své specifika a odlišnosti. Z hlediska

koncepce uspořádání výrobních strojů, průmyslových robotů či manipulátorů, periferních zařízení apod. mají realizované aplikace společný charakter, konkrétní uspořádání je vždy v něčem odlišné. Z těchto důvodů je při realizaci návrhu vždy nezbytné provést rešerši dané problematiky předmětného RTP. Proto také není nutné zde uvádět široký výčet těchto RTP. Jako jeden možné pracoviště znázorňuje obr. 4.15. Jedná se o RTP broušení válcových výrobků (hřídelí), které znázorňuje řešení manipulace s obrobky. Pro zkrácení potřebného času k výměně obrobku je navržen manipulátor se dvěma rameny, umožňující při jedné pozici nad brusku odebrat jedním chapadlem broušený obrobek a v krátkém sledu uložit druhým chapadlem obrobek do pracovní pozice [1, 3, 5, 6, 10, 11].

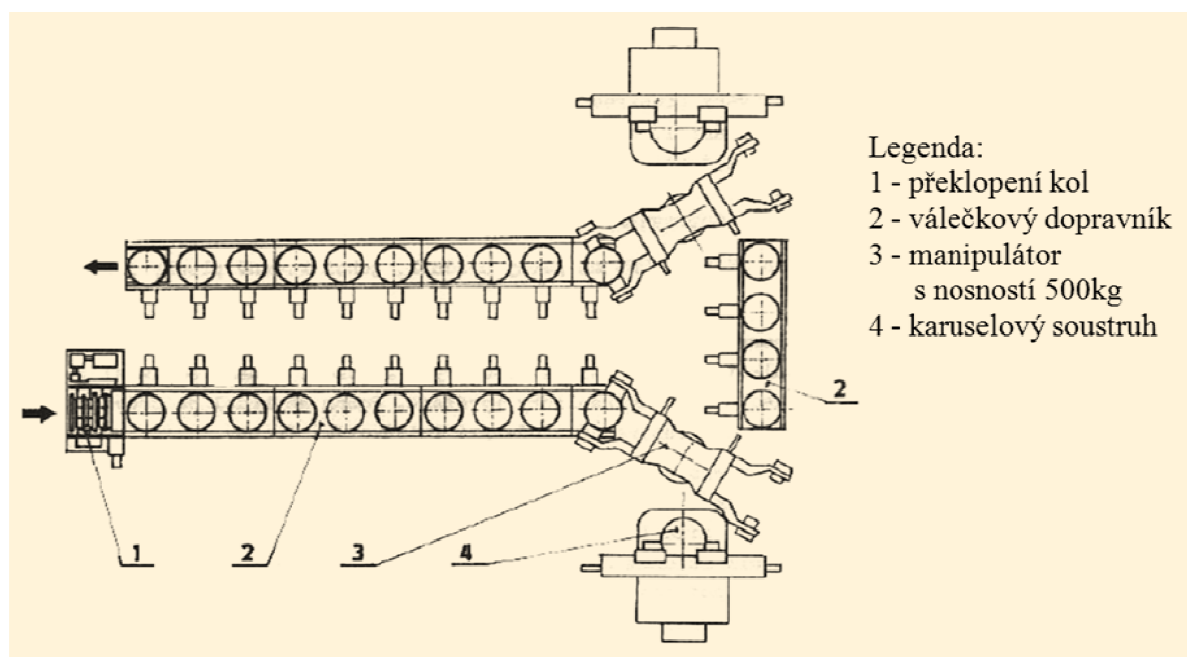


Obrázek 4.15 – Příklad RTP broušení válcových výrobků

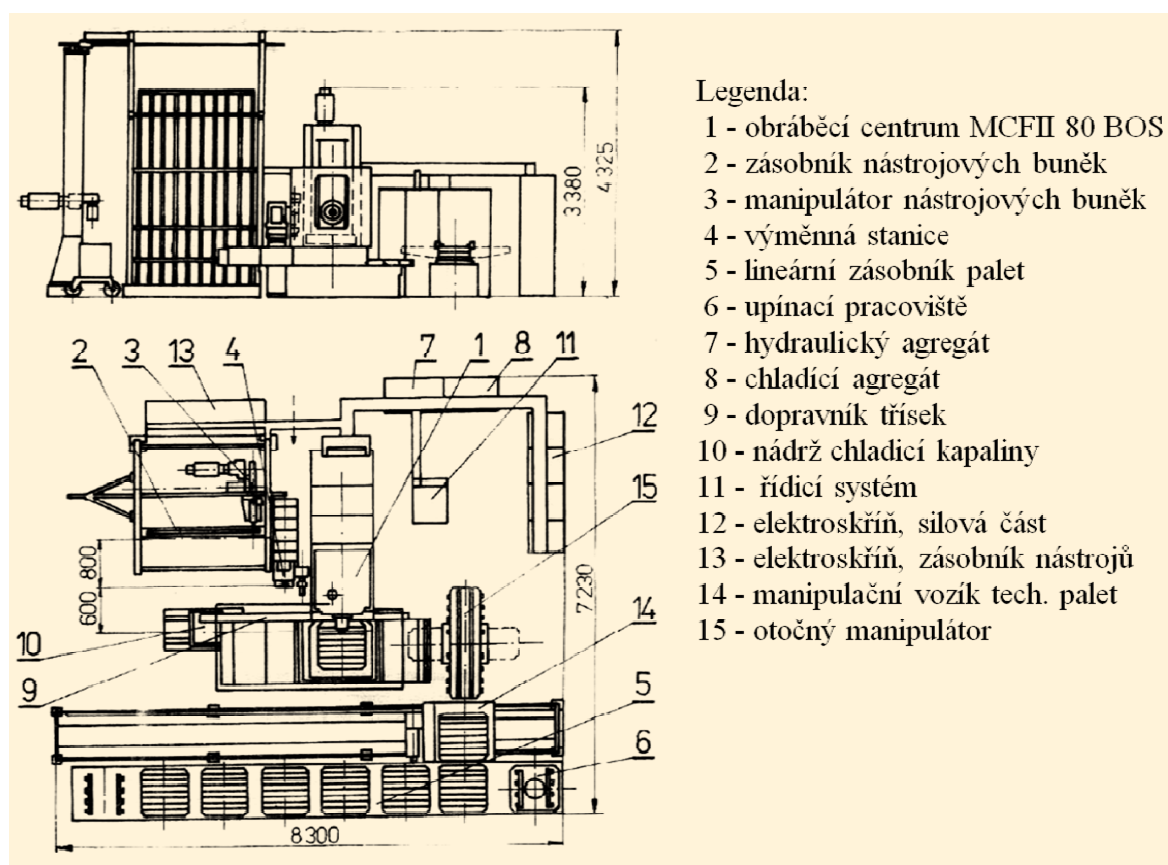
V technologii obrábění má velký význam přechod od individuálních RTP k výrobním seskupením typu linek a PVS. Z tohoto hlediska existují tyto základní přístupy realizací:

- **Seskupení RTP bez přímé materiálové a informační vazby** - představuje skupinové nasazení. Podstatou je zde uspořádání vzájemně nezávislých RTP do technicko-organizačního celku se společným řešením přípravy výroby, plánování a operativního řízení, příprava materiálu, příprava výrobních pomůcek a technická obsluha.
- **Seskupení s fixní materiálovou vazbou pracovišť** - které se uplatňují ve velkosériové výrobě složitých součástí, RTP jsou řazeny ve sledu operací. Jeden z možných konkrétních příkladů znázorňuje obr. 4.16. Jedná se o RTP obrábění železničních kol. Na dvou karuselových soustruzích jsou postupně opracovávána kola železničních vagónů. Nejprve z jedné strany a po otočení i z druhé strany. Manipulaci s obrobky zajišťuje otočný manipulátor, který má nosnost 500 kg. Manipuluje s polotovary kol, které jsou přisouvány po válečkovém dopravníku. Po obrobení jedné strany je kolo otočeno a ukládá se na krátký dopravník k druhému soustruhu.
- **Seskupení s pružnou vazbou pracovišť** - realizované pomocí integrovaného systému mezioperační dopravy. Na propojení se využívají indukčně vedené dopravní vozíky, regálové zakladače, programově řízené závěsné tratě, dopravníkové systémy a programově řízené jeřáby. Jeden z možných konkrétních

příkladů uspořádání výrobních systémů znázorňuje obr. 4.17. Řešení dopravy a manipulace je realizováno indukčními vozíky.



Obrázek 4.16 – Příklad RTP obrábění železničních kol



Obrázek 4.17 – Příklad obslužného stroje s lineárním zásobníkem



Shrnutí pojmů 4.4.

RTP pro obrábění, RTP bez přímé materiálové a informační vazby, seskupení s fixní materiálovou vazbou pracovišť, seskupení s pružnou vazbou pracovišť.



Otázky 4.4.

37. Jak lze charakterizovat Seskupení s fixní materiálovou vazbou pracovišť?



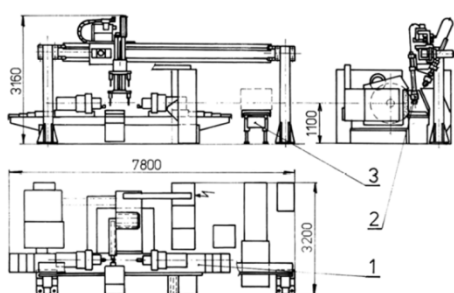
Úlohy k řešení 4.1.

Každý tým si zvolí libovolnou oblast pro obrábění podle rozdělení kapitoly 4.4 (každý tým musí mít typ obrobku) a vypracuje na toto téma rešerši. Rešerše bude řešena formou tabulky ve WORDU a bude obsahovat údaje uvedené v tab. 4.1. Tabulka 4.1 je uvedena jako příklad jak má být vypracována rešerše.

Vyberte si jedno pracoviště z vypracované rešerše a popište pro daný případ všechna potřebná periferní zařízení.

K řešení této úlohy použijte jako studijní materiál tyto opory, použitou literaturu uvedenou v oporách, elektronické učební texty uvedené na - <http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/>, internet a další zdroje.

Tab. 4.1 – Příklad tabulky pro vypracování rešerše

Obrázek pracoviště	www adresa	Popis pracoviště
	http://.....	Stručný popis pracoviště.



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky tohoto odstavce a je Vám vše jasné z kapitoly 4, úspěšně jste zvládli tuto kapitolu. Dejte si nyní den volna před vypracováním úlohy k řešení 4.1 a dalším pokračováním ve studiu.

5 NAVRHOVÁNÍ A PRAKTICKÉ APLIKACE RTP PRO SVAŘOVÁNÍ

Kapitola se zabývá klasifikací prostředí RTP v oblasti svařování různými způsoby, požadavky na průmyslové roboty pro konkrétní praktické aplikace a klasifikací periferních zařízení v oblasti svařování apod.

Kapitola se zabývá definováním vybraných základních pojmů v oblasti struktur navrhovaných RTP pro svařování, klasifikací druhů svařování, robotizovanými výrobními systémy obloukového svařování apod., možnostmi robotizace v oblasti svařování, klasifikací charakteristických a specifických periferních zařízení v oblasti svařování. V této kapitole jsou rovněž uvedené vybrané příklady praktických aplikací RTP svařování.

5.1 Klasifikace základních pojmů RTP pro svařování



Čas ke studiu: 2 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- Definovat základní pojmy v oblasti RTP svařování.
- Definovat základní technologie obloukového a bodového svařování.



Výklad

Navrhovaná a realizovaná RTP v oblasti svařování se řadí mezi nejpočetnější skupiny budovaných pracovišť. Celková koncepce uspořádání RTP a jejich vybavení periferním zařízením je ovlivněna druhem použité technologie svařování (typem svařování) a charakterem svařence. V této kapitole bude věnována pozornost pouze robotizováním obloukového svařování a bodového svařování. Problémem při budování RTP v oblasti svařování může být polohová adaptivita. Jde o přizpůsobení polohy hořáku skutečné poloze a tvaru svarové spáry. V tomto případě je nutno použít vhodný senzorický systém pro sledování trajektorie dráhy svaru. Při automatizaci svařování je potřeba brát v úvahu [1, 3, 5, 6, 10, 11]:

- vlastní svařovací proces,
- manipulaci při svařování.



Pojmy k zapamatování

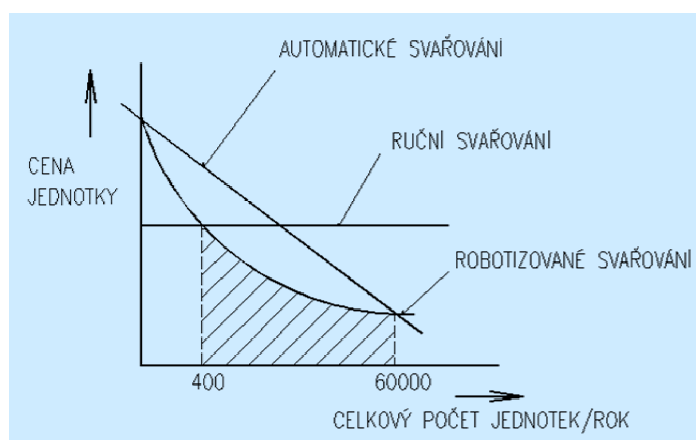
Manipulaci při svařování lze dále rozdělit na:

- manipulaci se svařovacím hořákem, bodovacími kleštěmi nebo s pálicím hořákem,
- posuv přídavného materiálu (svařovacího drátu) do tavné lázně, přísun tavidla nebo ochranného plynu do místa svaru,
- manipulaci se svařencem, tj. jeho polohování z hlediska přístupu hořáku, vychystávání dílů, doprava svařenců apod.

Při navrhování RTP v oblasti svařování je potřeba vždy provést důkladnou ekonomickou analýzu s ohledem na možné řešení manipulačních úloh pomocí PRaM. V některých případech se projeví výhodné vlastnosti PRaM při jejich nasazení i v oblastech kde se jeví jako nejlepší řešení tvrdá automatizace. V podstatě lze řešit svařovací pracoviště třemi možnými způsoby:

- ruční svařovací pracoviště,
- automatické svařovací pracoviště,
- robotizované svařovací pracoviště.

Pro definitivní podobu navrhovaného RTP je vždy podstatným ukazatelem jeho ekonomická návratnost. V tomto případě lze použít údaje firmy ESAB ze Švédska, která udává závislost celkového počtu výrobků za rok na jeho ceně a použité technologii svařování. Tato závislost je vyjádřena grafem znázorněným na obr. 5.1 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15].



Obrázek 5.1 – Závislost celkového počtu výrobků za rok na jeho ceně a použité technologii svařování

Technologie svařování, které připadají v úvahu při navrhování RTP lze rozdělit do těchto skupin:

- svařování obloukové
 - v plynové ochranné atmosféře,
 - pod tavidlem,
- svařování odporové (bodové),
- svařování laserem,
- pálení.

5.1.1 Klasifikace RTP pro obloukové svařování

Obecně lze říci, že podstatou svařování kovů je vytvoření metalurgického spojení vzájemným působením meziatomových sil. Spojení kovů může nastat působením tepla nebo tlaku (nebo obojím současně). Podle způsobu lze v této oblasti dělit svařování na 3 skupiny [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15]:

- 1) **Tavné svařování** - představuje spojení dílů působením tepla za vzniku taveniny. Tento způsob svařování lze dělit na:
 - **Svařování plamenem** - představuje tavné svařování plynovým plamenem bez nebo s přídavným materiálem. Až na malé výjimky jde o ruční svařování. Používá

se pro materiály - oceli, litiny, neželezné kovy (trubky), plechy (tenké), svařovací litiny.

- **Ruční svařování elektrickým obloukem** - představuje tavné svařování s otevřeným obloukem mezi přídatným materiálem a základním materiálem.
 - **Elektrickým obloukem pod tavidlem** - představuje tavné svařování s obloukem zakrytým pod vrstvou tavidla mezi plynule přiváděným přídatným materiálem a základním materiálem. Jde o částečně automatizovaný proces. Používá se pro materiály - oceli a neželezné kovy (speciální tavidlo) pro dlouhé svary velké plochy a objemy, tlusté plechy.
 - **Elektrostruskové svařování tavné** - představuje způsob, kde do odporem roztavené strusky se v místě svařování plynule přivádí přídatný materiál. Struska natavuje základní materiál i drát. Svarový kov se nuceně formuje přílozkami. Používá se pro materiály - oceli a neželezné kovy (se speciálním tavidlem) pro svařování tlustých plechů, navařování velkých ploch a velkých objemů.
 - **Svařování elektrickým obloukem v ochranných atmosférách WIG, TIG** - používá se pro materiály - legované oceli, neželezné kovy, speciální materiál:
 - pro spojovací svary a navařování procesem MIG - legované oceli, neželezné kovy (kromě mosazi),
 - pro spojovací svary a navařování procesem MAG, MOG - nelegované a nízkolegované oceli, spojovací svary, navařování.
 - **Svařování plazmou** - představuje tavné svařování plazmovým obloukem, bez nebo s přídatným materiálem. Částečně nebo plně automatizované. Používá se pro materiály - oceli, neželezné kovy, speciální materiály. Spojovací svary pro tloušťky 0,01 ÷ 15 mm a navařování.
 - **Svařování elektronovým paprskem** - představuje tavné svařování elektronovým paprskem, převážně ve vakuu, bez přídatného materiálu. Částečně automatizované nebo automatizované. Používá se pro materiály - oceli, neželezné kovy, speciální materiály pro spojovací svary.
 - **Svařování laserem.**
- 2) **Tlakové svařování** - představuje spojení teplo + tlak, spojení v plastickém stavu (případně místní natavení stykových ploch). Tento způsob svařování lze dělit na:
- **Odporové svařování** - představuje tlakové svařování s odporovým ohřevem místa svaru při průchodu proudu za použití tlaku. Automatické svařování může být:
 - bodové, švové, výstupkové - zde je přívod proudu přes bodové, kotoučové nebo velkoplošné elektrody do místa svaru. Používá se pro materiály - oceli, neželezné kovy jako plechy, drobné součásti,
 - stykové svařování s odtavováním - zde je přívod proudu přes upínací čelisti na místo styku svařovaných dílců. Používá se pro materiály - oceli, ale i neželezné kovy pro spojovací svary velkých průměrů, otevřené a uzavřené profily, hřídele, tyče, trubky aj. Také pro svařování plechů na ráfkových linkách kol pro automobily.
 - **Aluminotermické svařování** - představuje tlakové svařování pomocí aluminotermického reakčního tepla s použitím tlaku. Tavné svařování s přídatným materiálem. Používá se pro materiály - oceli, hliník, podmíněně litina a některé kovy pro spojovací svary kolejnic, oceli do betonu a velká tělesa ve výrobě a renovaci.
 - **Svařování ultrazvukem** - představuje spojení tlak + kmity (tření).
 - **Svařování třením** - představuje spojení tlak + tření tzn. teplo.

- **Difúzní svařování** - představuje spojení tlak + teplo = dotyk s min. přetvářením.
- 3) **Tlakové svařování za studena** – představuje spoj působením tlaku v tuhém stavu bez výskytu taveniny.
- **Svařování výbuchem** - dochází při něm k nerozebíratelnému spojení kovových dílů působením tlaku vzniklého detonací výbušniny, vhodně umístěné v oblasti spojované plochy materiálu. Používá se pro spojování rozdílných materiálů, které běžnými způsoby svařování nelze spojit. Nerez a hliník apod. Mohou se svařovat i nerovinné plochy.



Pojmy k zapamatování

Svařovací proces u těchto technologií lze rozdělit na následující fáze:

- ohřev,
- vlastní svařování,
- chladnutí - krystalizace svarového spoje,
- procesy ke zlepšení vlastností svarového spoje (využití tepelného zpracování - žíháním nebo vibrační odstranění vnitřních pnutí).

Výhody technologie obloukového svařování:

- konstrukce svařenců jsou jednodušší,
- možnost nahrazení odlitků a výkovků svařovanými konstrukcemi,
- nižší hmotnost,
- účelné využití materiálu,
- zvýšení kvality spojení a výrobků.
- zvýšení produktivity práce zavedením robotů nebo prostředků automatizace,
- snížení výrobních nákladů.

Nevýhody svařování:

- dochází k lokálnímu ohřevu materiálu v místě svaru,
- dochází ke vzniku vnitřních pnutí a deformací vlivem působení tepla při svařování,
- změní se vnitřní struktury materiálů a jejich mechanické vlastnosti.

Navrhované robotizované výrobní systémy obloukového svařování - představují specifikaci technologie obloukového svařování v ochranných atmosférách umožňující uplatňování PRaM. Zvláštnosti této technologie vyžadují i odlišný přístup při projektování robotizovaných výrobních systémů obloukového svařování, ve kterém je potřeba zohlednit následující činitele [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15]:

- technologické operace,
- svařované objekty,
- požadavky na použité průmyslové roboty,
- případně i typové řešení robotizovaných svařečských systémů,
- požadavky na svařovací vybavení.

Robotizované svařování s ohledem na výše uvedené skutečnosti představuje velmi rozmanitá řešení. Při obloukovém svařování se výhodně využijí roboty v takových provozech, kde se vyrábějí menší výrobky ve větších sériích, anebo i tam, kde jsou i rozměrné výrobky, ale jedná se o opakovanou výrobu. Hmotnosti svařovaných objektů se pohybují ve velkých

rozmezích a to od jednotek kg do desítek tun hmotnosti, nejčastěji se však jedná o hmotnosti svařovaných výrobků mezi 5 - 60 kg. Z těchto důvodů se kladou na svařované objekty následující požadavky:

- přístupnost svařovaných spojů pro automatickou svařovací hlavici,
- nepřístupnost větších rozdílů rozměrů mezi svařovanými objekty,
- čistota povrchu,
- minimální mezera při svařování tenkých plechů,
- omezení tvaru objektů v důsledku omezeného dosahu robota,
- určení referenčního místa objektu, podle kterého se polohuje ve svařovacím přípravku.

Doporučuje se - aby nepřesnost vzdáleností svářecích ploch byly co nejmenší, někdy se udávají rozpětí $\pm 0,5$ mm. Přípravky mají být dostatečně přesné, umožňující přesné ustavení na manipulačním polohovacím zařízení (polohovadle). V případě, že přípravek ztěžuje přístup, tyto úseky jsou svařeny ručně pracovníkem před samotným automatickým svařováním. Nepovažuje se za vhodné sestavený ještě nesvařený objekt vybírat z přípravků a až potom svařovat. Dochází zde ke zvýšeným nepřesnostem a snížení výrobní spolehlivosti.

Při navrhování technologického postupu svařování je nutno pamatovat na možné deformace vznikající působením tepla při vlastním svařování a následným nerovnoměrným ochlazováním svařeného objektu.

5.1.2 Klasifikace RTP pro bodové svařování

U technologie bodového svařování se jako technologického nástroje využívají svařovací kleště. Ve většině případů v technologických procesech bodového svařování se jedná o svařování hlubokotažného plechu o tloušťce cca 0,6 mm nebo 0,6 až 1,0 mm, případně 1,0 mm. Plechy jsou často povrchově zpevněné anebo upravené. Takovéto plochy v porovnání s normálním plechem si vyžadují vyšší výkon a přítlačnou sílu elektrod.

Svařované části plechů musí být tvarované a upravené tak, aby bylo možné svařovacími kleštěmi realizovat bodové svařování. V případě realizace svarů na přímých a dobře přístupných místech je v praxi požadována intenzita bodování až 60 bodů/min. Svařovací kleště musí být dimenzovány na tento výkon. Pro svařování např. ocelových plechů o tloušťce 1,0 a 1,0 mm při intenzitě bodování 60 bodů/min. Proto jsou doporučovány následující technologické parametry [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15]:

- čas svařování 0,16 s (8 period),
- svařovací proud 10000 A,
- přítlačná síla elektrod svařovacích kleští má mít hodnotu 3,0 až 3,5 kN,
- pro tyto parametry jsou používány jako svařovací zdroje transformátory, na jejichž sekundárním vývodu je proud nejčastěji 4000 až 10000 A.

Výkon svařovacího transformátoru a zejména jeho sekundární napětí je závislé na impedanci sekundárního obvodu. Impedance sekundárního obvodu ovlivňuje průřez a délka sekundárního vodiče. Konstrukční řešení svařovacích kleští nejvíce ovlivňuje geometrie svařovacích dílů.

Navrhované robotizované výrobní systémy bodového svařování - představují nejrozšířenější pracoviště. Řada specifických zvláštností robotizovaných svářečských pracovišť a svařovacích linek vyplývá ze svařovaného objektu a používané technologie svařování. Převážné využití je při svařování dílů karosérií automobilů. Technologické zvláštnosti projektování robotizovaných systémů pro bodové svařování je možné rozdělit do následujících oblastí:

- geometrie spojování,
- objekty svařování,
- body svařování,
- čas cyklu,
- pružnost linky, případně systému,
- účel linky, resp. systému a požadavky na systémové okolí,
- kritéria pro výběr průmyslového robotu pro bodové svařování.

Vstupními podmínkami při navrhování RTP je detailní analýza výrobku, jejímž hlavním cílem je specifikace a klasifikace dílců výrobku pro bodové svařování. V automobilovém průmyslu je možné základní díly pro bodové svařování klasifikovat na:

- nekompaktní díly, mezi které lze zahrnout:
 - hlavní díly, na které se přivařují výztuhy menších rozměrů. Příkladem jsou podlahy s tunelovou výztuží, díly pro upevňování záchranných pásů apod.,
 - tvarově rozdílné díly se stejným rozměrem,
- hlavní montážní skupiny a podskupiny, které mohou být vyráběné:
 - hlubokým tažením nebo ohýbáním,
 - mechanickým spojením, mezi hlavní montážní skupiny a podskupiny se zahrnují surové karosérie, boční díly, rámy, sloupky pro upevnění střechy, střecha apod.,
- montážní skupiny, které vznikly před smontováním anebo sestehováním. Jako příklad lze uvést čela automobilů, rámy kapoty, příčníky apod.

Podobně lze klasifikovat i jiné typy výrobků jako jsou např. ocelové rámy nábytku apod. Při navrhování geometrie spojování je důležitým úkolem určování referenčních bodů dílu anebo montážní skupiny. Referenční body definují teoretickou polohu dílu nebo montážní skupiny v souřadnicovém systému x, y, z. Určování referenčních bodů při montáži je základní podmínkou pro správnou montáž. V případě předem smontovaných skupin a podskupin je možné realizovat detailní analýzu referenčních bodů před sestavením svařovacího plánu. Analýza geometrických rozměrů a určování referenčních bodů se realizuje v úzké spolupráci s uživatelem, případně uživatel dopředu určuje referenční body a jejich polohu [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15].

Požadovaná pružnost svařovací linky se určuje pomocí skutečného nebo možného stupně přizpůsobení se linky na uvažovanou výrobu rozdílných objektů. Stupeň pružnosti linky ovlivňují výrobní nástroje, od kterých se vyžaduje vysoká přizpůsobivost rozdílným výrobkům. Lze rozlišovat následující stupně pružnosti:

- svařovací linky určené na jediný výrobek - struktura těchto linek umožňuje přechod na výrobu podobných druhů výrobků pouze formou parciální nebo komplexní přestavby,

- svařovací linky s částečnou pružností - struktura těchto linek umožňuje výměnou nástrojů přizpůsobovat linku pro jiné druhy výrobků,
- pružné svařovací linky určené na výrobu mnoha variant výrobků
- komplexní pružné výrobní linky - umožňují nezávislou výrobu rozdílných druhů výrobků.

K zajištění požadované spolehlivosti RTP a svařovacích linek je nutné přijmout následující opatření [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15]:

- rozdělení svařovacích linek na různé úseky s mezioperačními sklady,
- při vzniku poruchy robotu bude na jeho místo nasazen jiný robot, to vyžaduje možnost rychlé výměny robotu i svařovacích kleští,
- rozdělení linky na paralelní úseky, které umožňují souběžnou práci.

Výběr robotu pro bodové svařování je založený na detailní analýze následujících základních kritérií:

1) Poloha svařovaných dílů:

- spojovací díly s velkými rozměry (např. podlaha, surová karosérie apod.), na základě analýzy jejich rozměrů se vyžaduje, aby takovéto díly podle možnosti zaujímaly přirozenou polohu,
- díly středních rozměrů (např. boky apod.), polohu těchto dílů ovlivňují hmotnost, poloha bodů svařování a možnost přístupu svařovacích kleští, na základě určených podmínek se poloha montovaných dílů středních rozměrů může v průběhu montáže měnit.

2) Doprava dílů:

- dopravníky, které jsou výhodné v případě rozdílných typů montovaných dílů, nebo montovaných skupin, jejichž geometrické rozměry v době celého výrobního cyklu musí být dodrženy,
- na válečkových tratích nebo na plošinách nízkozdvižných vozíků,
- indukčními vozíky, jejich výhodou je úplná nezávislost, možnost řízení, práce s přepravovanými objekty apod., vhodné jsou také při montáži podskupin,
- manipulačními roboty - manipulace dílů se realizuje v případě, pokud manipulovaný objekt je mezi jednotlivými svařovacími pracovišti přemísťovaný manipulačním robotem, manipulace roboty je omezena jejich nosností a rozměry manipulovaných dílů, vyžaduje se, aby spojené díly byly už předem sestehované, protože polohování a přípravky pro přesné ustavení vzhledem ke své hmotnosti se nedají použít.

3) Geometrická kritéria:

- typ a rozměr svařovacích kleští, volba typu a rozměru svařovacích kleští vychází z počtu svařovaných bodů a geometrie spojovaných dílů, pro svařovací kleště s velkým vysazením elektrod a s velkou hmotností je hlavním kritériem pro výběr robotu jeho nosnost, při relativně velkém rozevření svařovacích kleští je výhodné volit konstrukci, která umožňuje regulaci zdvihu, přičemž se šetří čas svařování a snižuje se hluk,
- robot musí mít obvykle 5 stupňů volnosti, počet stupňů volnosti může být rozšířen např. použitím pojezdu,
- body svařování omezují výběr svařovacího robotu zejména z pohledu jeho manipulačních schopností a dobré přístupnosti,
- umístění robotu může být realizované jako stojanové nebo závěsné, při závěsném způsobu jsou na jedné konstrukci (např. portálové) umístěny 2 až 4 roboty,

- prostorové rozměry ovlivňují velikost výrobních ploch, největší úspora se dosahuje při použití portálových robotů.

Parametry robotů pro bodové svařování musí ve většině případů splňovat následující požadavky:

- minimální nosnost 0,4 až 0,5 kN, ve speciálních případech i více než 1,0 kN,
- maximální možnou vzdálenost mezi těžištěm hmotnosti a místem působení přitlačené síly elektrod svařovacích kleští,
- velikost průmětu pracovního prostoru v rozmezí 8 až 13 m²,
- rozsah zatížení zápěstí krouticím momentem cca 120 až 140 Nm,
- maximální rychlost pohybů v jednotlivých osách:
 - translační v rozmezí 0,5 až 1,5 m/s,
 - rotační v rozmezí 60 až 215 °/s,
- způsob řízení je používán jak PTP tak také CP, podle požadavku uživatele,
- potřebná přesnost polohování $\pm 0,5$ až 1,0 mm, v současnosti jsou roboty pro bodové svařování dodávány s přesností $\pm 0,1$ až $\pm 0,5$ mm.



Shrnutí pojmů 5.1.

Obloukové svařování, tavné svařování, tlakové svařování, tlakové svařování za studena, robotizované svařování, bodové svařování, svařovací kleště, parametry robotů.



Otázky 5.1.

38. Jakými způsoby lze řešit svařovací pracoviště?
39. Jak lze rozdělovat obloukové svařování?
40. Jaké parametry robotů se vyžadují u obloukového svařování a jaké u bodového svařování?

5.2 Periferní zařízení RTP pro svařování



Čas ke studiu: 2 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- Definovat charakteristická periferní zařízení pro RTP svařování.
- Definovat jejich rozdělení, typy a využití.



Výklad

Škála periferních zařízení v oblasti svařování je poměrně široká vzhledem k různorodosti typů svařování, a možné návaznosti na další robotizovaná pracoviště. Proto robotizování konkrétního pracoviště předpokládá kromě vybavení PRaM také využití dalších přídatných automatizačních prostředků. Důležitou roli zde hrají polohovadla jako periferní

zařízení, která mají úlohu zajistit např. polohování objektů pro svařování apod. Kromě toho je potřeba RTP vybavit také bezpečnostními prvky, které představují zařízení zabezpečující bezpečnou interakci PRaM s okolím. Velmi charakteristická a specifická pro tato pracoviště jsou zařízení pro odsávání zplodin. K tomu, aby se dala úspěšně realizovat RTP obloukového svařování, je potřeba splnit jisté předpoklady se zahrnutím aspektu které ovlivňují konstrukční řešení použitých periferních zařízení. V podstatě se jedná o následující předpoklady [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15, 42]:

- pro RTP svařování je potřeba provést konstrukčně technologické úpravy vybraných svařenců a přizpůsobit je technickým možnostem robotu, polohovadel a svařovacího zařízení,
- nutným předpokladem pro automatické svařování je volba materiálu se zaručenou svařitelností,
- vhodně volit polohy pro svařování s ohledem na počet stupňů volnosti polohovadla a vlastního robotu,
- zachovat dobrou přístupnost hořáku technologického efektoru po celé délce trajektorie svaru. Dráha nesmí být ovlivněna díly svařence nebo přípravku,
- nutnost stehování jednotlivých komponentů před vlastním svařováním,
- při volbě svarů pokud možno maximálně uplatňovat koutové svary s prováděním ve vodorovné poloze. Dosahování nejlepších výsledků,
- u složitějších svařenců v některých případech nelze provést svary v jedné operaci. Postupné svařování má dopad na ekonomii výroby.



Pojmy k zapamatování

Oproti jiným technologiím dosáhla typizace periferních zařízení v oblasti svařování poměrně široké uplatnění. Základní vybavení RTP v oblasti obloukového svařování lze proto charakterizovat schématem znázorněným na obr. 5.2. PRaM zde plní pouze jednu z manipulačních funkcí.

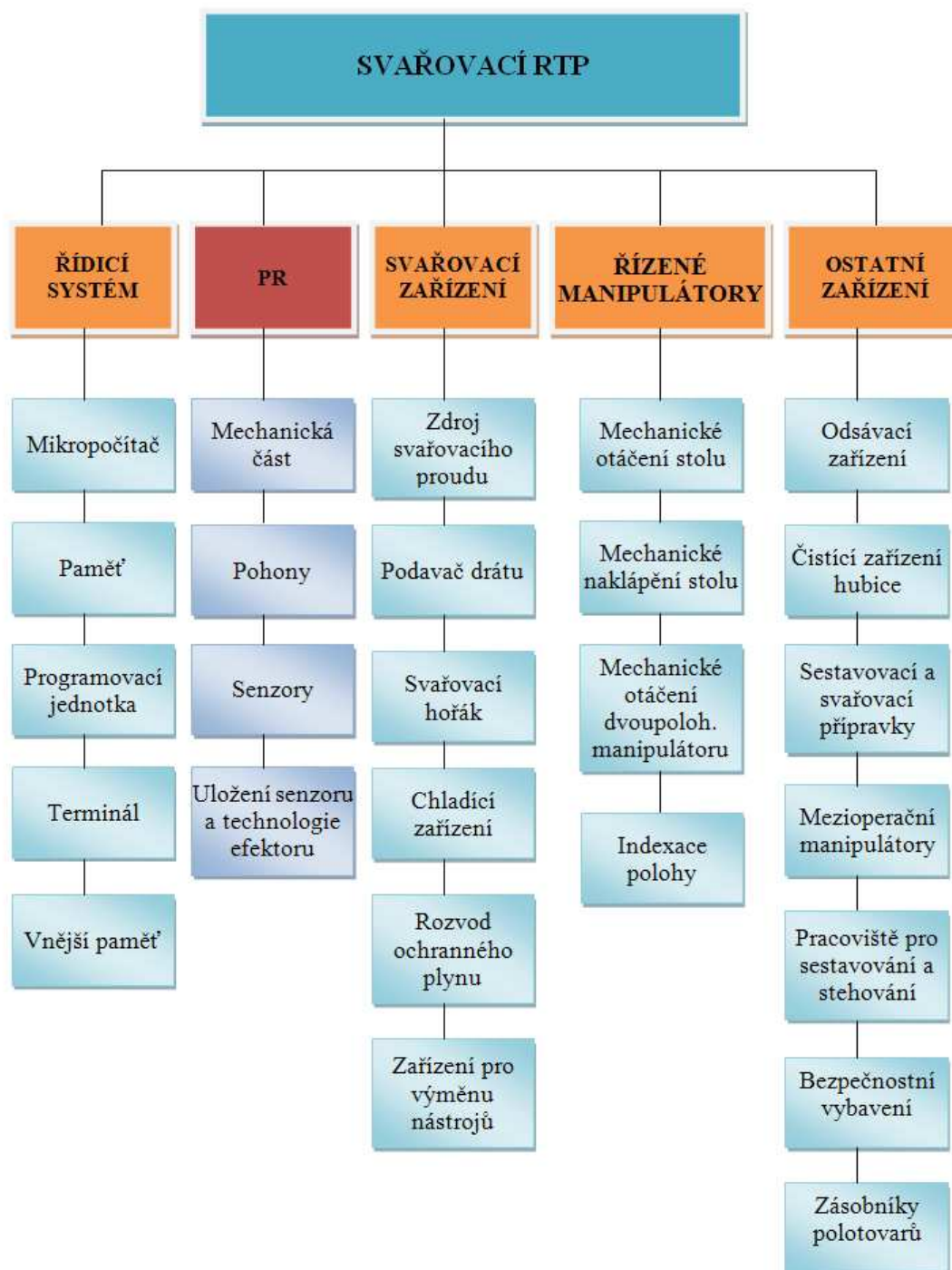
Jedna z nejčastěji realizovaných konfigurací RTP obloukového svařování je taková, kdy je robot vybaven technologickým efektem - hořákem a vykonává technologickou manipulaci. Svařenec je ustaven (polohován) do vhodné polohy pro realizaci svařování na polohovadle nebo operačním manipulátoru.

Vzájemná vazba PRaM - polohovadlo má pro koncepci RTP základní význam. Na obr. 5.3 jsou znázorněny některé možnosti provedení základních sestav pro navrhovaná pracoviště svařování:

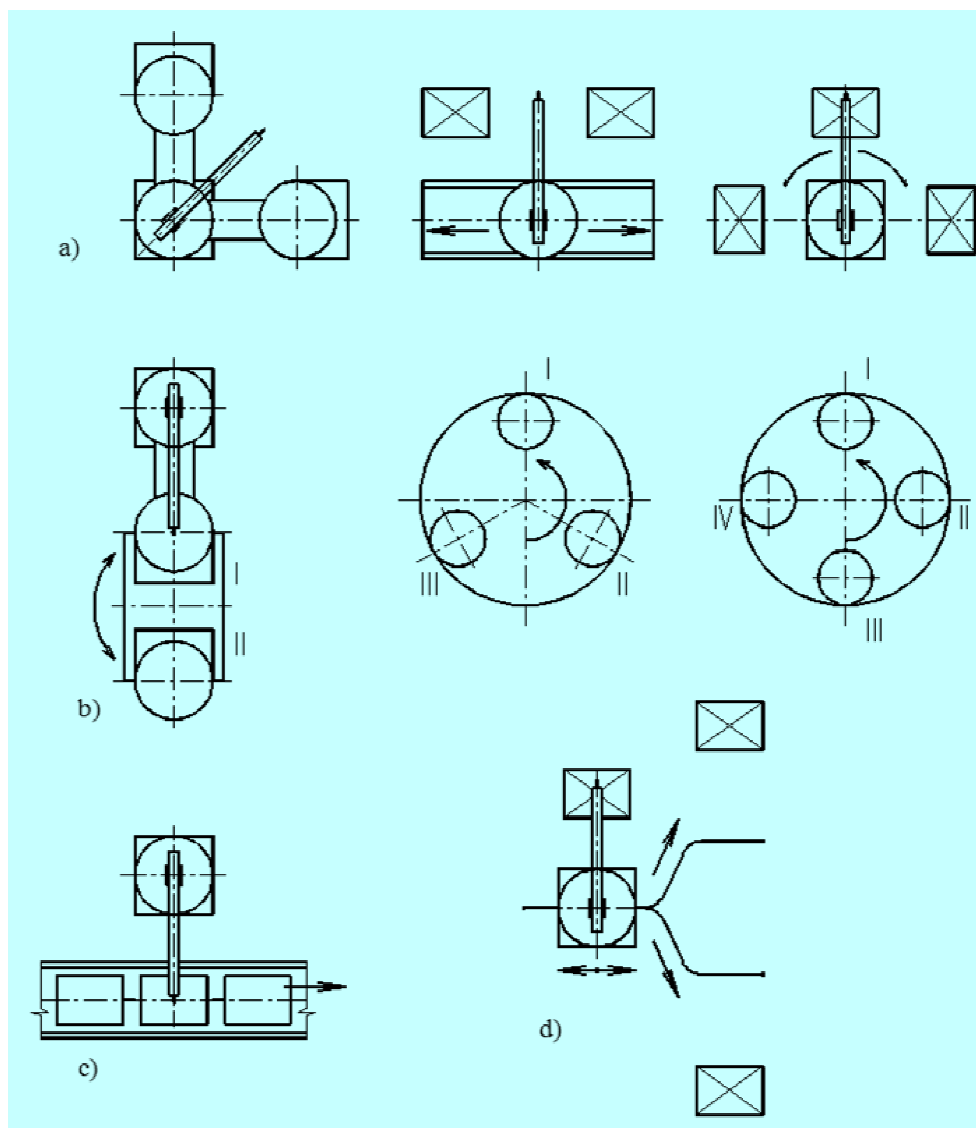
- jednotlivé operační manipulátory (viz obr. 5.3 a),
- dvou a více polohové operační manipulátory (viz obr. 5.3 b),
- PR obsluhuje dopravník (viz obr. 5.3 c),
- PR se pohybuje na pojezdové dráze a obsluhuje více operačních manipulátorů (viz obr. 5.3 d).

V závislosti na charakteru svařence a typu použitého polohovadla (případně svařovacího stolu) lze sestavit následující skladby RTP [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15]:

- pracoviště vybavené polohovadlem pro jeden nebo více obrobků s jedním pracovním místem (neotočným), pracoviště je pak vybaveno obvykle dvěma těmito polohovadly (viz obr. 5.3a).
- pracoviště vybavené jedním otočným polohovadlem se dvěma i více pracovními místy (viz obr. 5.3b),
- pracoviště vybavené jednomístným polohovadlem pro dlouhé svařence, PRaM je na pojezdu nebo na portálové prostorové konstrukci (viz obr. 5.3c),
- pracoviště vybavené několika pracovními stoly se svařenci a PRaM pojíždí po předem stanovené dráze k jednotlivým stolům (viz obr. 5.3d).



Obrázek 5.2 – Základní vybavení RTP v oblasti obloukového svařování



Obrázek 5.3 – Základní koncepce RTP v svařování ve vztahu PRaM - polohovadlo

V případě nutnosti manipulace s objemnými svařenci jsou pracoviště vybavována ručními manipulátory nebo otočným jeřábem pro snadné ustavení jednotlivých dílců do přípravků na polohovadle. V případě menších svařenců složených z více dílů lze realizovat RTP takovým způsobem, že robot vykonává funkci manipulační prostřednictvím efektoru a po ustavení všech dílů do přípravku si automaticky vymění efektor za technologickou hlavici pro realizaci svaru. Celý proces se po provedení všech svarů opakuje. Pro jiné specifické situace jako např. u složitější prostorové trajektorie svaru může být výhodnější zaměnit funkci robotu a polohovadla. Robot v tomto případě polohuje svařenec během svařování a hořák je uchycen pevně v držáku.

Různé alternativy řešení RTP obloukového svařování jsou náročné na řešení univerzálního efektoru, který by byl schopen manipulovat s různými komponenty svařence, případně s celým svařencem. V případě bezobslužného pracoviště je nutno vyřešit automatickou výměnu více efektorů a zásobníky jednotlivých dílců. Tato řešení však zvyšují nákladovost takového řešení RTP. Z hlediska nákladovosti jednotlivých periferních zařízení RTP obloukového svařování lze uvést následující statistické údaje [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15]:

• polohovadla a přípravky	41%
• svařovací robot	29%
• svařovací zařízení	11%
• energie	9%
• obsluha	8%
• elektrody	2%

Z hlediska základního periferního zařízení RTP obloukového svařování lze uvést polohovadla a operační manipulátory. Rozdíl mezi polohovadlem a operačním manipulátorem je v jejich funkci. Polohovadlo je periferní zařízení, které je určeno k ustavení svařence do požadované polohy pro svařování, ale v průběhu svařování je v klidu. Operační manipulátor se aktivně zúčastňuje svařovacího procesu, tj. pohybuje svařencem během vlastního svařování. V podstatě se může jednat o jedno a totéž zařízení akorát je použito vždy jiným způsobem. Operační manipulátory však vytvářejí optimální polohovou vazbu s robotem z hlediska technologie svařování. Zajišťují výhodnou polohu svařence a vyhovující přístup technologické hlavice ke všem svarům podle předem daného programu.

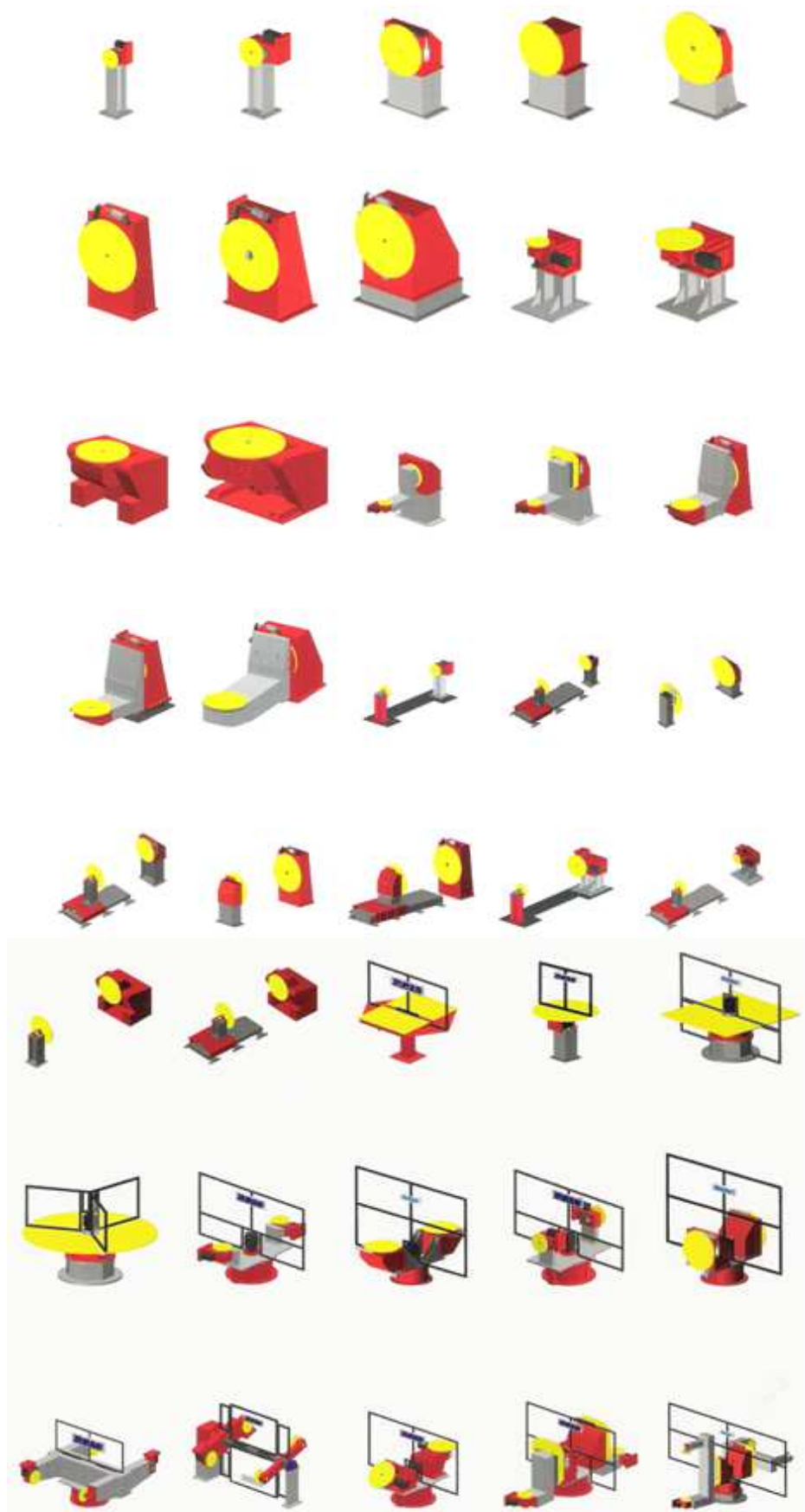
Uplatnění typizace u těchto periferních zařízení vedla výrobce v mnoha případech k modulárnímu řešení operačních manipulátorů. Z dostupných modulů lze potom poskládat operační manipulátor s potřebným počtem stupňů volnosti v požadované konfiguraci. Operační manipulátory mají většinou jednotlivé moduly odstupňovány podle nosnosti. Lze tak sestavit řadu různých variant provedení podle hmotnosti a objemnosti svaru. V rámci řešení jednoho RTP lze využít několik různých variant polohovadel a operačních manipulátorů v požadovaném ustavení.

V současnosti existuje celá řada známých firem vyrábějících PR, které rovněž dodávají RTP obloukového svařování na klíč. Tyto firmy mají rovněž v sortimentu modulární struktury operačních manipulátorů. Na obr. 5.4 jsou znázorněny některé konfigurace operačních manipulátorů od firmy REIS ROBOTICS. Podobné konfigurace a provedení lze získat také od jiných firem [11, 36, 45].

V některých případech kdy rozměry svařenců přesahují možnosti základních dosahů robotů, mohou nastat potíže při realizaci všech svarů, přesnosti polohování apod. Problémy při robotizaci svařování velkých a těžkých svařenců lze shrnout do těchto bodů:

- přesnost a rychlost polohování,
- dosah robotu,
- větší tolerance svařenců,
- tuhé a spolehlivé přípravky a upínací elementy,
- kvalitní výpalky, které nepotřebují dodatečné opracování svarových ploch,
- svařování vícevrstevných svarů.

Vyřešení výše uvedených problémů většinou spočívá ve vhodně voleném pojezdu, na kterém je umístěn svařovací robot. Pojez lze řešit také ve variantě pohybu ve třech osách s programově řízenou rychlostí těchto pohybů. Další důležitou podmínkou je vyřešení polohové adaptivity v rozsahu odpovídajícím rozměrům svařence [1, 3, 5, 6, 10, 11, 15, 35].



Obrázek 5.4 – Příklady konfigurací polohovadel

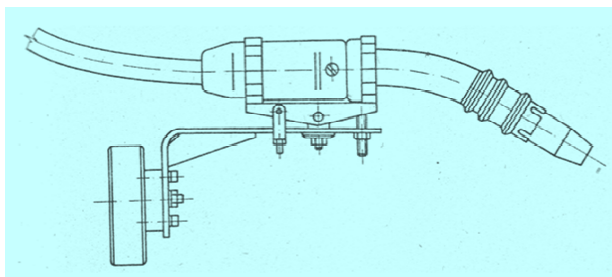
Technologický efektor - představuje v podstatě svařovací hořák (svařovací hubice) a jeho upevnění na koncové přírubě PR. Svařovací hořák představuje velmi důležitou část technologického efektoru a proto je potřeba jeho konstrukci věnovat značnou pozornost, zejména s ohledem na možnost vzniku následujících problémů:

- jednoznačnost polohy špičky svařovacího hořáku, která může být zajištěna jednoúčelovou konstrukcí svařovacích hubic a držáků nebo použitím nastavitelných přípravků při aplikaci standardních svařovacích hubic,
- ochrana technologického efektoru před poškozením při nárazu, která je zpravidla zajišťována bezpečnostní spojkou, bezpečnostní spojka je součástí technologického efektoru,
- automatické čištění hubice svařovacího hořáku, které je zpravidla zajišťováno samostatným přídavným zařízením,
- rychlá výměna efektoru při aplikaci výměnných efektorů.

Technologický efektor pro obloukové svařování tvoří zpravidla následující komponenty:

- svařovací hořák,
- držák hořáku,
- bezpečnostní spojka,
- snímací systém na korekci dráhy hořáku.

Držák hořáku zajišťuje upevnění svařovacího hořáku na přírubě robotu. V mnoha případech se používají jednoúčelově řešené držáky pro konkrétní typ svařovacího hořáku a PR. Příklad možné konstrukce znázorňuje obr. 5.5 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15]. Každá firma, která dodává svařovací pracoviště na klíč, má své charakteristické řešení konstrukce držáku, která rovněž přesně definuje polohu špičky hořáku. V případě, že dojde k jakékoliv kolizi technologického efektoru se svařencem nebo jiným periferním zařízením je potřeba nechat znovu kalibrovat polohu špičky hořáku příslušnou firmou.



Obrázek 5.5 – Příklad konstrukce svařovacího hořáku

Bezpečnostní spojka zajišťuje, v případě, že dojde ke kolizi technologického efektoru s okolím, vypnutí pohonu a zastavení činnosti PR, aby nenastalo větší poškození technologického efektoru. Každá firma, která dodává svařovací pracoviště na klíč má rovněž své charakteristické řešení bezpečnostní spojky (nazvané také jako šok senzor). Jedná se o dokonalé konstrukce, které jsou schopny reagovat na sebemenší kolizi technologického efektoru s okolím včetně možné kolize přírodních hadic do technologického efektoru. Ve většině případů se jedná o elektrický nebo pneumatický snímač. Příklad technologického efektoru s bezpečnostní spojkou, která využívá jako médium tlakový vzduch, znázorňuje obr. 5.6 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15, 48, 54].



Obrázek 5.6 – Příklady technologického efektoru s bezpečnostní spojkou

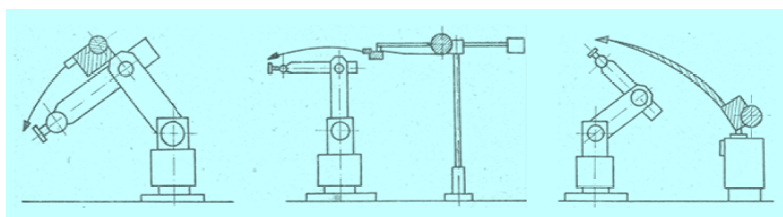
Snímací systém na korekci dráhy hořáku zajišťuje, aby bylo možno svařovat spoje, které mají větší toleranci než je povolena s ohledem na možnosti automatického svařovacího procesu. Jedná se o polohovou adaptivitu. Pro zajištění polohové adaptivity lze použít senzory se zpětnou vazbou na řídicí systém. Tento je schopen v průběhu svařování adaptovat se na skutečný průběh svařovací spáry. Tyto PR se nazývají adaptivní (APR). Podle typu použitého senzoru lze svařovat svařence sestavené s nepřesností až do tolerance ± 5 mm, případně až do tolerance ± 10 mm. Snímací systémy se neustále zdokonalují a každá firma, která dodává RTP obloukového svařování na klíč používá vlastní polohovou adaptivitu u PR. V podstatě lze používané snímací systémy rozdělit do dvou základních skupin:

- bezdotykové,
- dotykové (taktilní).

Technologický efektor je propojen se všemi komponenty svařovacího zařízení. Téměř vždy jsou spojovací prvky soustředěny do kompaktního polykabelu. Počet a typy těchto přívodů souvisí se svařovacími výkony a způsobem řešení technologického efektoru. Jedná se v podstatě o tato vedení:

- bowden pro vedení svařovacího drátu do hořáku,
- přívod svařovacího proudu k napájecímu průvlastku,
- přívod ochranného plynu do plynové hubice,
- přívod chladicí vody,
- přívod tlakového vzduchu pro čištění hubice,
- přívody k senzorům a ochranným mikrospínačům,
- odvod odsátých zplodin vznikajících při hoření oblouku.

Řešení konstrukce uložení polykabelu může být ovlivněno nosností robotu, rozměrností svařence, použitím systému výměnných efektorů apod. Příklad v praxi používaných řešení znázorňuje obr. 5.7 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15].



Obrázek 5.7 – Příklady řešení konstrukce uložení polykabelu

Podávací zařízení svařovacího drátu může ovlivňovat dodržení požadované jakosti svarového spoje. Jedná se o zařízení, které je vybavené pohonem s regulačním elektromotorem, jehož úkolem je posuv drátu bowdenem do svařovací hubice. Otáčky elektromotoru jsou elektronicky řízené ve vztahu na zvolené napětí oblouku, typ svařovacího drátu a použité složení ochranného plynu. Rychlost podávání drátu musí být programovatelná z důvodu zajištění automatického provozu. Zařízení obsahuje i rovnací mechanismus drátu. Jedná se o běžné principy rovnaček. Zpravidla obsahuje rovnačka 5 rovinách kladek (3 pevné a 2 stavitelné). Svařovací drát prochází mezi kladkami a tím je rovnán. Mezi hlavní požadavky na podávací zařízení patří [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15]:

- dokonalé vyrovnaní a podávání svařovacího drátu,
- stabilita podávací rychlosti při všech režimech,
- minimální rozměry a hmotnost,
- velká životnost a malá poruchovost,
- minimální ztráty třením.

Zařízení pro čištění svařovací hubice představuje automatické čištění hubice, které má velký význam zejména při řešení RTP. Rozstříkem roztaveného kovu dochází ke znečištění hubice, čímž může dojít k ovlivnění kvality svaru. Tento nepříznivý jev se dá ovlivnit vhodnou volbou směsi ochranného plynu (nejméně příznivé je to při použití CO₂) a konstrukcí svařovacího hořáku. Kromě toho je potřeba zbytky nečistot pravidelně odstraňovat. Mezi základní požadavky na čistící zařízení patří:

- čistící zařízení musí být ovladatelné z ŘS robotu,
- nástroj nesmí poškodit svařovací hubici,
- velká účinnost zařízení,
- proces čištění probíhá najednou v krátkém časovém intervalu,
- při mechanickém čištění musí být hubice pevně upnuta během procesu čištění, z důvodu přenosu sil při čištění na hlavici,
- čistící zařízení by mělo být pokud možno univerzální, schopné čisti všechny druhy hubic užívaných na daném pracovišti.

Mechanické čištění se používá při vyšších svařovacích proudech. K vyloučení přenosu sil, vyvolaných frézovacím nástrojem, na konstrukci robotu, je hořák během čištění automaticky upnut. Princip činnosti může být takový, že např. při najetí hubice do polohy kdy dojde k čištění je nejprve upnuta pneumatickým motorem (vysunutí pístnice motoru) a následuje vyjetí frézy, která rotuje a tak očistí hubici. Příklad možného principu řešení znázorňuje obr. 5.8 [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15].



Obrázek 5.8 – Příklad mechanického čištění svařovací hubice

Technologický efektor v oblasti bodového svařování má své odlišnosti od obloukového svařování. Odlišnosti jsou dány především předmětem svařování. Technologický efektor tvoří svařovací kleště s transformátorem. S ohledem na snížení dynamických účinků při pohybech PR a jeho nosnost může být transformátor umístěn mimo vlastní efektor. Tato technologie (zejména v karosářství) vyžaduje dodržování předepsaných tvarových úchylek jednotlivých dílců. Toto je nutné k tomu, aby efektor nemusel být dovybaven příslušnými senzory pro řešení polohové adaptivity. Příklad možného provedení svařovacích kleští znázorňuje obr. 5.9 [46, 47].



Obrázek 5.9 – Příklad technologických efektorů pro bodové svařování

Plynové hospodářství představuje směsi plynů, které se používají na pracovištích, jako ochrana tavné lázně se mohou odebírat buď přímo z láhve nebo ve větších seskupeních RTP svařování z centrálního rozvodu ochranného plynu.

V případě potřeby použití směsi plynů se musí pracoviště doplnit směřovacími zařízeními, které zajišťuje správný poměr obou složek. V případě použití lahví je potřeba přívod k hořáku vybavit kontrolním manometrem. Ten signalizuje začátek poklesu tlaku v lahvi a řídicí systém robotu zastaví svařování ve vhodném místě prováděného programu.

Odsávací zařízení patří do oblasti bezpečnosti a hygieny práce a je nezbytným periferním zařízením každého RTP obloukového svařování. Během svařování vznikají zplodiny při hoření oblouku (aerosol) které je nutno odsávat. Podle charakteru lze odsávací zařízení rozdělit na:

- integrované odsávání ve svařovací hubici,
- místní odsávání s filtrací zplodin a výfukem zpět do pracovního prostoru,
- místní odsávání s výfukem do centrální odsávací sítě,
- celkové větrání haly.

Od funkce odsávacího zařízení se očekává, že bude plnit protichůdné technické požadavky. Na jedné straně je požadována velmi dobrá účinnost a na druhé straně nemá narušovat celistvost ochranné atmosféry nad tavnou lázní. Zároveň také nesmí bránit přístupu hořáku ke svarům či překážet při manipulaci se svařenci a přípravky. Proto jsou nároky na odsávací zařízení následující:

- úspora tepelné energie,
- vysoká kvalita pracovního prostředí,

- úspora elektrické energie (zapnutí odsávání teprve ve chvíli zapálení oblouku).

Svařovací přípravky jsou nezbytné k tomu, aby byla dodržena opakovatelná přesnost sestavy svařence a reprodukovatelnosti polohy těchto celků v prostoru. Požadované nároky na přesnost lze zajistit rozčleněním sestavování a svařování do sestavovacích a svařovacích přípravků. Z uvedených důvodů lze formulovat následující kritéria, kterým by měly přípravky vyhovovat [1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 15]:

- dodržení požadavku reprodukovatelné přesnosti polohy svařence v prostoru,
- konstrukce přípravku musí umožnit rychlé a jednoduché upnutí detailů nebo sestavy,
- zajištění dostatečného odvodu tepla z místa svaru,
- přípravek musí zajišťovat přístup hořáku ke svarům v optimálních technologických polohách,
- zabránění jiskření elektrického oblouku mezi ustalovacími dorazy a svařencem,
- využití moderních konstrukčních prvků (pneumatické, hydraulické apod.),
- využití přípravku k omezení nežádoucích deformací (využití pružného předepírání svařence v přípravku),
- zajištění dostatečné tuhosti konstrukce přípravku.

Přípravky řešené pro RTP obloukového svařování jsou téměř výhradně řešeny individuálně pro každý případ samostatně. Stavebnicové či univerzální využití přípravků je minimální. Podle účelu pro který jsou konstruovány je lze dělit na:

- sestavovací (určené pro sestavu a stehování),
- svařovací,
- víceúčelové (univerzální) pro sestavu, stehování i svařování.

Sestavovací přípravky lze používat také mimo svařovací pracoviště, čímž se vyloučí sestavování svařenců přímo na operačním manipulátoru, což může být mnohdy nevýhodné (v případě těžkých a rozměrných svařenců). Samostatné přípravky pro sestavu a stehování vedou k podstatnému zjednodušení konstrukce. To sebou přináší dobrou přístupnost a zároveň nízké pořizovací ceny přípravků. V případě plochých svařenců jsou dobré zkušenosti s přidržováním detailů během stehování sestavy pomocí permanentních magnetů v šablonách. Důležitý je způsob ustavení detailů do sestavovacích přípravků.

Svařovací přípravky jsou součástí automatického výrobního cyklu. U těchto přípravků je snaha maximálně vyloučit výrobní tolerance detailů vhodným umístěním ustavovacích prvků v přípravku. Tím se podstatně zjednoduší upínání a lze vystačit s malým počtem upínacích elementů. Konstrukce by měla být pokud možno jednoduchá, robustní a odolná v průběhu manipulace i procesu svařování.

Víceúčelové přípravky představují především svařovací přípravky, které jsou umístěné přímo na stolech operačních manipulátorů. Tyto slouží zároveň pro sestavování, stehování i svařování.

V této kapitole nejsou řešeny RTP a periferní zařízení svařování laserem, řezání kyslíkem apod. Tyto nejsou tak početné a jsou předmětem samostatného nastudování.



Shrnutí pojmů 5.2.

Periferní zařízení, polohovadla, technologický efektor, bezpečnostní spojka, snímací systém, podávací zařízení, čištění hubic plynové hospodářství, odsávací zařízení, svařovací přípravky.



Otázky 5.2.

41. Jaké je základní vybavení RTP periferním zařízením u obloukového
42. Jak lze popsat technologické efekty pro obloukové a bodové svař
43. Jaké jsou požadavky na svařovací přípravky?

5.3 Praktické aplikace RTP pro svařování



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



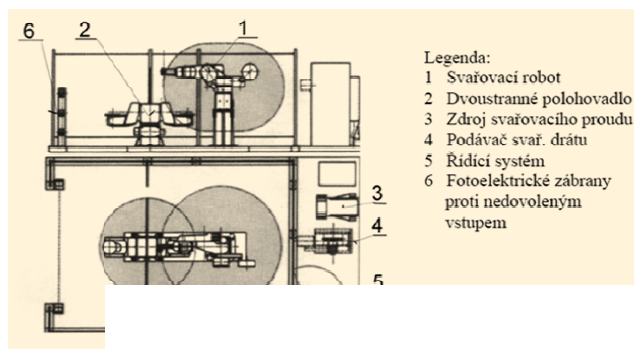
Definovat konkrétní aplikace RTP pro svař



Výklad

Existuje široká škála různých RTP se zaměřením na procesy technologickými. Je mnoho různých variant konkrétních aplikací a každá specifikace a odlišnost. Z hlediska koncepce uspořádání PR a polohovadel, apod. mají realizované aplikace společný charakter, konkrétní uspořádání odlišné. Z těchto důvodů je při realizaci návrhu vždy nezbytné pro problematiku předmětného RTP. Proto také není nutné zde uvádět široký v

Jako jeden možné pracoviště znázorňuje obr. 5.10. Jedná se o dis RTP svařování v odděleném prostoru. RTP je vybaveno jedním PR a jed. Jedná se o jednoduchou strukturu, kterou lze rozšiřovat např. o další položky 5, 6, 9, 10, 11, 15].



Obrázek 5.10 – Příklad RTP svařování v odděleném prostoru

ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: image

STACK:

/unknownerror
-dictionary-
--image--