CASE STUDIES Z PRŮMYSLOVÉ PRAXE

Zpráva o řešení praktických úloh vycházejících ze zadání průmyslové praxe formou Case studies

CASE STUDY č. 1

Název projektu:	**Zkvalitnění technického vzdělávání strojařů**
Kód projektu:	403401DYG5
Operační program:	Interreg VI-A Slovensko – Česko
Vedoucí partner:	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Hlavní přeshraniční partner:	Žilinská univerzita v Žilině

Téma řešené case study:	**Technologie upínání obrobků pro robotické pracoviště**
Mentor za VŠB-TUO:	**Ing. Jan Zelinka, Ph.D.**
Firemní mentor:	Petr Jamnický, DiS.
Konzultant za ŽU v Žilině:	Ing. Jozef Mrázik, PhD.
Zapojení studenti VŠB-TUO:	Dominik Musial Ing. Dominik Kryska
Zapojení studenti ŽU v Žilině:	Matej Gracik Justín Botur

Popis řešeného problému v praxi:

Společnost PREMAC Company s.r.o. je strojírenský podnik zaměřený na kusovou, malosériovou i sériovou výrobu přesných obrobků pro automobilový a strojírenský průmysl. Ve výrobě využívá CNC obráběcí centra, soustruhy a specializovaná pracoviště pro výrobu přípravků a sestav. V posledních letech firma investovala do robotického pracoviště s průmyslovým robotem Yaskawa Motoman MH50, který má za úkol automatizovat především výměnu obrobků na vertikálním obráběcím centru FEELER VMP 30A pomocí technologických palet a systému nulových bodů. Cílem je snížit podíl ruční práce, zkrátit vedlejší časy a zvýšit využití strojního času v malosériové a sériové výrobě.

Stávající upínací systémy ve firmě byly navrženy primárně pro klasickou obsluhu CNC strojů. Jedná se o kombinaci přesných svěráků, sklíčidel, upínek, přípravků, kleštinových upínačů a doplňkových magnetických či vakuových systémů. Tyto upínací prostředky jsou funkční, ale nejsou systematicky zhodnoceny z pohledu robotické výměny palet, a chybí jednotná databáze, která by usnadňovala výběr vhodného upínacího řešení pro konkrétní obrobky.

Tato case study se zabývá analýzou stávající upínací technologie ve firmě PREMAC Company s.r.o., návrhem vhodných upínacích systémů pro robotické pracoviště a tvorbou databáze upínacích

systémů v prostředí MS Excel, která bude sloužit jako podklad pro rychlé a informované rozhodování o upínání v každodenní praxi.



Obrázek 1 *Robotické pracoviště s robotem Yaskawa Motoman MH50 ve firmě PREMAC Company s.r.o.*

Shrnutí realizace za období 04/2025 – 10/2025

Byla navázána spolupráce s firmou Premac Company s.r.o., která se zabývá smluvní výrobou obrobků pro automobilový a strojírenský průmysl. S vedoucím konstrukce, panem Petrem Jamnickým, DiS., byla konzultována aktuální problematika výroby a společně bylo navrženo téma case study zaměřené na optimalizaci upínání obrobků pro robotické pracoviště.

Průběh realizace:

4/2025 – 6/2025

Inicializační fáze projektu byla zaměřena na systematické vyhledávání a analýzu dostupné literatury a vědeckých článků zabývajících se upínacími technologiemi a robotickou automatizací. Cílem bylo získat uceleného přehledu o současném stavu poznání v dané oblasti a identifikovat klíčové poznatky relevantní pro řešení konkrétního problému firmy Premac Company s.r.o.

Paralelně s literární rešerší byla navázána úzká spolupráce s technickým manažerem firmy a akademickou institucí v součinnosti se studentským týmem zapojeným do realizace projektu. Tyto konzultace umožnily konkretizovat výzkumné otázky a zaměřit teoretickou analýzu na specifické

problémy, kterými se výrobní středisko daného podniku potýká. Jednalo se především o nedostatečné kapacity v malosériové výrobě a vysoké vedlejší časy spojené s manuálním upínáním a seřízením.

Na základě diskusí s praktiky byla identifikována nejčastěji vyráběné varianty obrobků a jejich charakteristické rozměry. Tato informace byla klíčová pro následující fáze projektu, neboť definovala spektrum obrobků, pro které by měly být optimalizovány upínací systémy a robotické řešení. Znalost rozměrů a hmotností obrobků umožnila orientovat teoretickou analýzu k vhodným typům chapadel, manipulátorů a upínacích prvků.

7/2025 - 10/2025

Druhá fáze projektu byla věnována hloubkové analýze a sběru dat o aktuálním stavu výrobního procesu. Nejprve byl vypracován podrobný návrh postupu analýzy, který definoval, jaké parametry budou měřeny, jakými metodami a s jakou frekvencí. Tento systematický přístup zajistil objektivitu a reprodukovatelnost sbíraných dat.

Následně probíhal intenzivní sběr dat o současném provozu obráběcího střediska firmy Premac Company s.r.o. Zaměřovalo se zejména na měření vedlejších časů jednotlivých operací (vyjmutí obrobku, upnutí, seřízení nástrojů, manipulace a výměna) a detailní analýzu pracovního postupu. Paralelně s těmito měřeními pokračovala pokročilá analýza současného stavu, která zahrnovala podrobnější měření časů přípravy, upínání a seřízení pro jednotlivé typy obrobků. Tato měření byla nezbytná pro identifikaci specifických úzkých míst v procesu a kvantifikaci potenciálních úspor.

Během celé druhé fáze byly v pravidelných intervalech realizovány průběžné konzultace s realizačním týmem složeným z univerzitních odborníků, technických manažerů firmy a studentů. Tyto konzultace sloužily jako mechanismus zpětné vazby, umožnily ověřit správnost nasbíraných dat, vyjasnit nejasnosti a postupně kalibrovat analytický přístup na základě prvotních výsledků. Výsledkem této fáze byla ucelená a věrohodná datová základna, která posloužila jako podklad pro návrh optimalizačních řešení v následujících etapách projektu.

Cílem této case study je na reálném příkladu firmy PREMAC Company s.r.o. ukázat, jak lze systematicky navrhnout a vyhodnotit technologie upínání obrobků pro robotické pracoviště a jak takové řešení podpořit databázovým nástrojem.

Dílčí cíle jsou:

- Zanalyzovat současné upínací systémy používané ve firmě a prověřit jejich vhodnost pro robotické pracoviště z hlediska hmotnosti, tuhosti, univerzálnosti a náročnosti manipulace.
- Navrhnout vhodné technologie upínání pro hlavní skupiny obrobků (hutné polotovary různého průřezu, odlitky, svařence, dílce s požadavky na dokončovací operace) s ohledem na omezení robotického pracoviště.
- Porovnat vybrané upínací systémy na základě předem definovaných kritérií pomocí vícekriteriálního hodnocení a stanovit preferovaná řešení pro robotické pracoviště.
- Vytvořit přehlednou databázi upínacích systémů v prostředí MS Excel, která umožní rychlé vyhledání vhodného upínacího řešení v závislosti na typu obrobku a charakteru výroby.

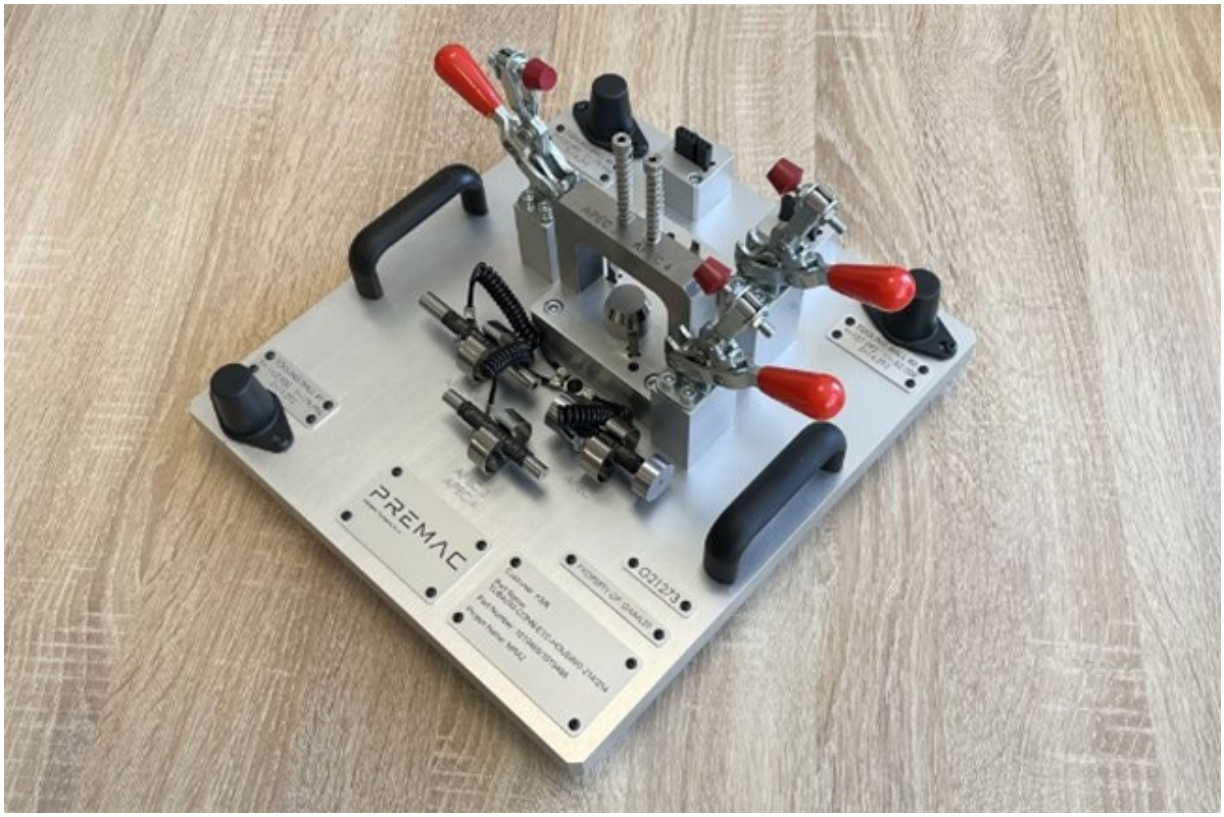
Popis výsledku:

Popis firmy a robotického pracoviště

Firma PREMAC Company s.r.o.

PREMAC Company s.r.o. je strojírenská společnost sídlící v Opavě, která se zabývá obráběním širokého spektra dílců z oceli, hliníku, nerezových ocelí, barevných kovů a technických plastů. Ve výrobě realizuje kusové, malosériové i sériové zakázky a má dlouhodobé zkušenosti s výrobou přípravků a sestav včetně montáže pneumatických a elektrických prvků.

Výrobní program zahrnuje mimo jiné zakázkovou výrobu obrobků pro automobilový průmysl, kontrolní a upínací přípravky, svařované sestavy a obráběné svařence. Firma disponuje moderním strojním vybavením, které zahrnuje pětiosé obráběcí centrum, několik tříosých vertikálních obráběcích center, CNC soustruh s poháněnými nástroji a EDM drátovou pilu.



Obrázek 2 Ukázka kontrolního/upínacího přípravku vyrobeného ve firmě PREMAC Company s.r.o.

Obráběcí centrum FEELER VMP 30A

Jádrem robotického pracoviště je vertikální obráběcí centrum FEELER VMP 30A. Stroj je vybaven bubnovým zásobníkem s výměnnou rukou a 20 pozicemi pro nástroje, standardně s kuželem ISO 40. Pracovní stůl má rozměry přibližně 890 × 420 mm a posuvy v osách X, Y a Z jsou navrženy tak, aby umožnily obrábění dílců střední velikosti.

Maximální otáčky vřetena činí 10 000 min^{-1}, což umožňuje hrubovací i dokončovací operace pro různé materiály. Stroj je vybaven řídicím systémem FANUC, který podporuje integraci s robotickým pracovištěm a sledování stavu vstupů a výstupů pro automatizovanou výměnu obrobků.

Tabulka 1 Základní parametry obráběcího centra FEELER VMP 30A

Parametr	FEELER VMP – 30 (A) - standart
Maximální otáčky vřetene	10 000 min^{-1}
Rozměry stolu	890 x 420 mm
Upínací kužel	ISO č. 40
Čas výměny nástroje	2 s
Maximální délka nástroje	250 mm
Provozní příkon	20 kVA
Přívod stlačeného vzduchu	0,6 až 0,8 MPa
Osa X – posuv	760 mm
Osa Y – posuv	420 mm
Osa Z – posuv	510 mm



Obrázek 3 Vertikální obráběcí centrum FEELER VMP 30A ve firmě PREMAC Company s.r.o.

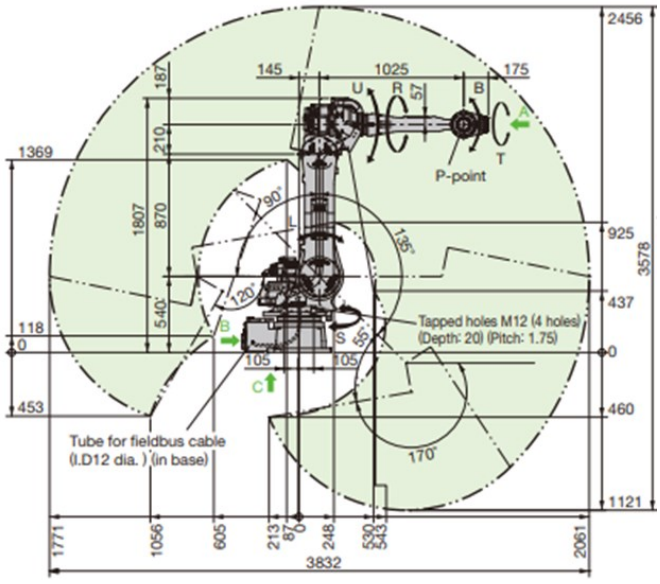
Robot Yaskawa Motoman MH50

Pro manipulaci s technologickými paletami a obrobky slouží průmyslový robot Yaskawa Motoman MH50. Jedná se o šestiosého robota s dosahem přibližně 2 061 mm a nosností 50 kg. Robot je vybaven vnitřním vedením kabelů a vzduchového potrubí, což zvyšuje jeho životnost a bezpečnost provozu při práci v blízkosti obráběcího centra.

Robot spolupracuje s upínací stanicí nulových bodů umístěnou před strojem a s regálem technologických palet. Koncový efektor robota je navržen pro uchopení palet vybavených čepy systému nulových bodů, případně pro uchopení jednotlivých obrobků.

Tabulka 2 Základní parametry robota Yaskawa Motoman MH50

Parametr	Yaskawa Motoman MH50
Dosah	2 061 mm
Nosnost	50 kg
Počet os	6 os
Opakovatelnost	0,07 mm
Váha	550 kg
Zdroj napájení	4 kVA
Vlhkost	20 až 80 %
Teplota	0 až 45 °C
Maximální rychlost osy S	180 °/s
Maximální rychlost osy L a U	178 °/s
Maximální rychlost osy R a B	250 °/s
Maximální rychlost osy T	360 °/s



Obrázek 4 Rozsah a uspořádání robota Yaskawa Motoman MH50

TEORETICKÁ VÝCHODISKA UPÍNÁNÍ A ROBOTIZACE

Význam upínání při obrábění

Upínání obrobků je klíčovou součástí každého obráběcího procesu. Správně navržený upínací systém zajišťuje stabilitu procesu, dosažení požadované rozmětové a geometrické přesnosti a bezpečnost obsluhy i stroje. Upnutí musí odolávat působení řezných sil, minimalizovat vibrace a současně umožnit přístup nástroje ke všem potřebným plochám.

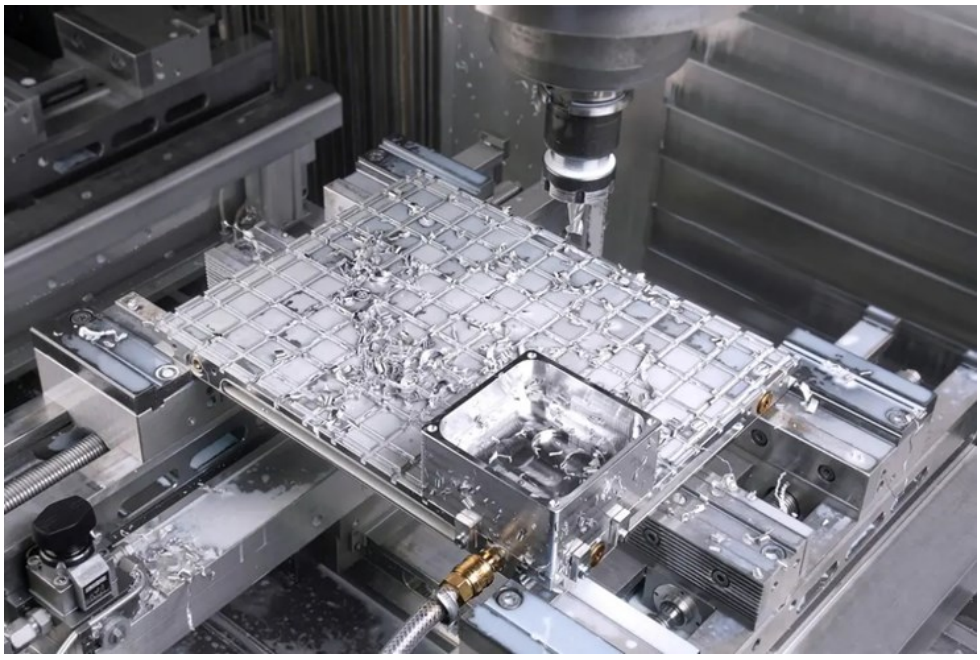
Výběr vhodného upínacího systému závisí na použitém stroji, tvaru a hmotnosti obrobku, požadované přesnosti, drsnosti obrobených ploch a charakteru obráběcí operace (hrubování, dokončování, vrtání, frézování, soustružení). Ve strojírenské praxi se používají jak standardizované upínací prvky (svěrky, sklíčidla, upínky), tak speciální přípravky navržené pro konkrétní dílce.

Typy upínání pro frézování

Svěrky

Strojní svěráky patří mezi nejpoužívanější upínací prostředky při frézování. Princip spočívá v sevření obrobku mezi pevnou a pohyblivou čelistí, přičemž posuv pohyblivé čelisti zajišťuje šroub s trapézovým závitem nebo jiný mechanizmus. V praxi se používá řada variant – pevné svěráky, otočné svěráky, otočně-sklopné svěráky, svěráky pro pětiosé obrábění nebo multifunkční dvojité svěráky.

Pro hrubovací operace se používají tvrdé nebo ozubené čelisti, které snesou vysoké upínací síly, zatímco pro dokončovací operace se uplatňují měkké nebo tvarově obrobené čelisti, které minimalizují otlaky a umožňují přesné ustavení složitějších tvarů. Ve firmě PREMAC Company s.r.o. se využívají mimo jiné přesné svěráky SCHUNK KSC, pětiosé svěráky KSX-C, menší svěráky LANG a svěráky KAMISHIRO s možností montáže na technologické palety.



Obrázek 5 Příklad dvojitého svěráku SCHUNK KSC D

Sklíčidla

Sklíčidla jsou typická pro třískové soustružení, ale v některých případech se používají i na frézkách a obráběcích centrech pro upínání rotačních obrobků. Standardně se jedná o tříčelisťová a čtyřčelisťová sklíčidla, která mohou být mechanická, hydraulická nebo pneumatická. Na obráběcích centrech musí být sklíčidlo spolehlivě upevněno na stolu pomocí upínek nebo prostřednictvím nulového bodu na paletě.

V robotizovaném pracovišti je nutné zohlednit hmotnost sklíčidla a obrobku vzhledem k nosnosti robota a způsobu manipulace s paletou. Ve firmě PREMAC se používají univerzální sklíčidla TOS IUS různých průměrů a speciální sklíčidlo BISON montované na desku, které lze využít i na paletě.



Obrázek 6 Univerzální sklíčidlo TOS IUS



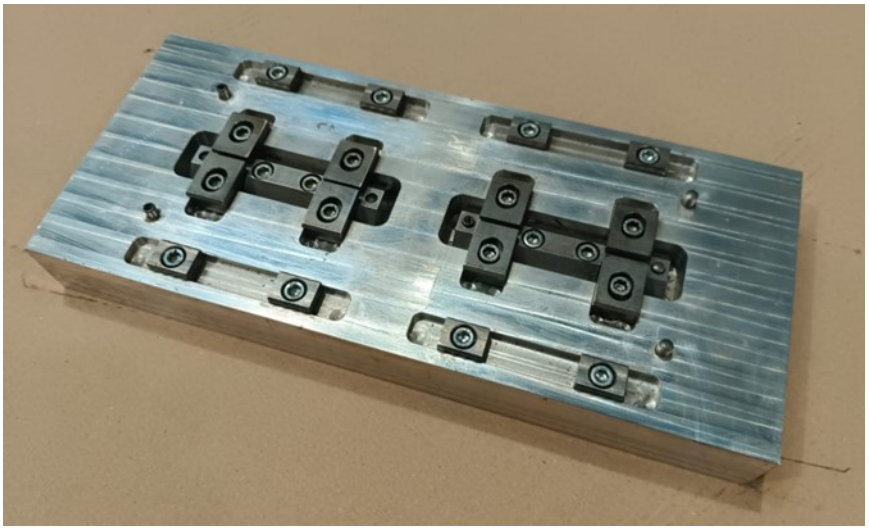
Obrázek 7 Pneumatické tříčelisťové sklíčidlo ROTA TP

Přípravky

Speciální upínací přípravky se používají pro dílce, které nelze vhodně upnout běžnými svěráky nebo sklíčidly, případně tam, kde se stejné dílce opakovaně vyrábějí ve větších sériích. Přípravek je

navržen tak, aby jednoznačně ustavil obrobek, zajistil jeho fixaci a umožnil přístup nástroje ke všem obráběným plochám.

Ve firmě PREMAC Company s.r.o. se používají přípravky kombinující dorazy, upínky a klínové upínače, které umožňují upnout několik obrobků současně a významně tak zkracovat vedlejší časy.

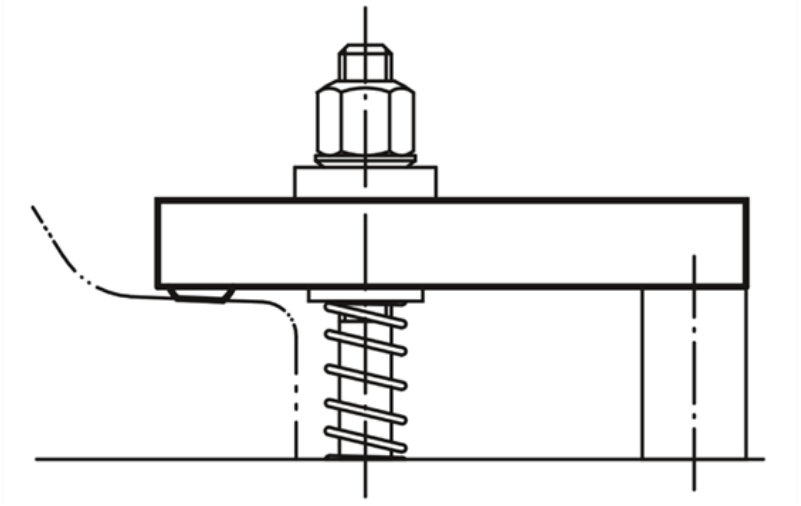


Obrázek 8 Příklad výrobního přípravku pro frézování – PREMAC

Upínky

Upínky jsou univerzálním prostředkem pro fixaci obrobků nebo upínacích zařízení přímo na pracovním stole nebo rastrové desce. K nejčastějším typům patří pevné upínky, otočné upínky, nastavitelné upínky, upínky se schodovitými zuby a upínky s kulovou vložkou, které se přizpůsobí nerovnému povrchu obrobku.

Moderní konstrukce zahrnují také nízkoprofilové upínky typu Pitbull, které vyvíjejí vysokou upínací sílu při minimálním přesahu nad plochu obrobku, což je výhodné zejména při hrubovacím frézování a při upínání na rastrových deskách.



Obrázek 9 Upínka se sférickou vložkou

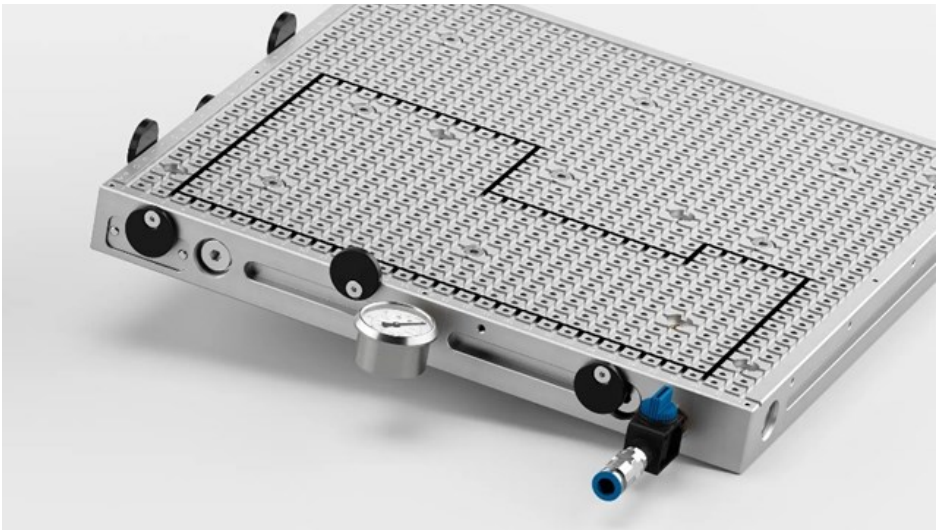
Magnetické a vakuové upínání

Magnetické upínání využívá silného magnetického pole k přitažení obrobku k upínací desce. Používají se permanentní, elektromagnetické a elektropermanentní systémy. Výhodou je možnost obrábět téměř celý obvod dílce bez překážky v podobě čelistí či upínek a velmi rychlá výměna obrobků. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena a omezená použitelnost na feromagnetické materiály.

Vakuové upínání využívá podtlaku mezi upínací deskou a obrobkem. Je vhodné zejména pro tenké desky a plechy z neferomagnetických materiálů, kde by mechanické upínky mohly způsobit deformace. Nevýhodou jsou relativně menší upínací síly a citlivost na kvalitu dosedacích ploch.



Obrázek 10 Magnetická deska MAGNOS MGT

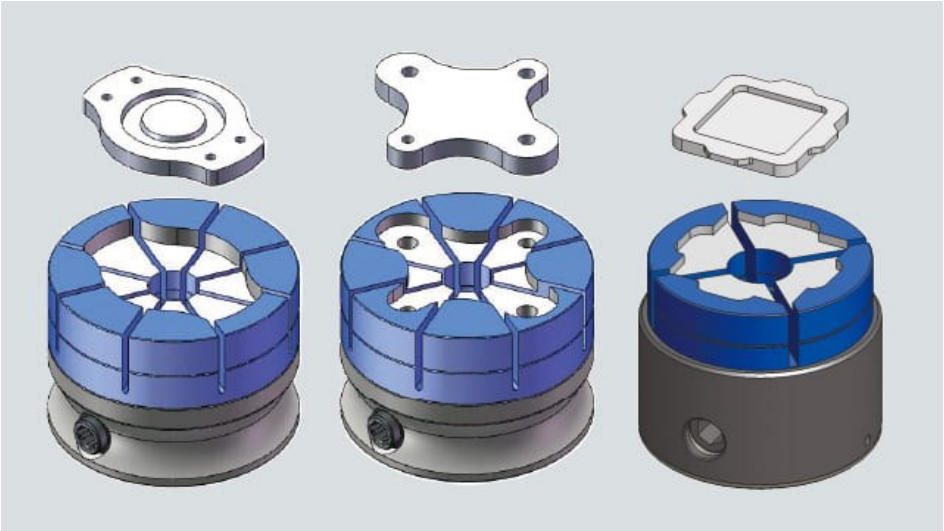


Obrázek 11 Vakuová upínací deska

Kleštinové upínače na obrobky

Kleštinové upínače se využívají méně často než při upínání nástrojů, ale pro některé aplikace představují velmi přesné a tuhé řešení. Obrobek kruhového průřezu je sevřen po celém obvodu pružnou kleštinou, což zajišťuje dobrou souosost a rovnoměrné rozložení upínací síly.

Ve firmě PREMAC se uvažuje o kleštinových upínačích ER25 na tyčhranu, který může být montován na technologickou paletu a umožňuje současné upnutí více menších obrobků kruhového průřezu.



Obrázek 12 Tvarově obrobená kleština společnosti IMAO

Specifika upínání pro robotizovaná pracoviště

U robotizovaných pracovišť je nutné řešit kromě tuhosti a přesnosti upnutí také:

- Omezení nosnosti robota (hmotnost palety + upínačů + obrobků),
- přístup robotického chapadla k paletě a nulovým bodům,
- opakovatelnost a jednoznačnost ustavení palety,
- jednoduchost a bezpečnost manipulace.

Z tohoto důvodu jsou preferovány lehčí upínací systémy (např. menší svěráky, lehké přípravky z hliníku, kleštinové upínače) a modulární koncepty, které lze kombinovat na technologických paletách. Klíčovým prvkem je použití systému nulových bodů, který umožňuje opakovatelné ustavení palety s vysokou přesností a výrazně zkracuje vedlejší časy.

ANALÝZA STÁVAJÍCÍCH UPÍNACÍCH SYSTÉMŮ VE FIRMĚ PREMAC

Přehled používaných upínacích prvků

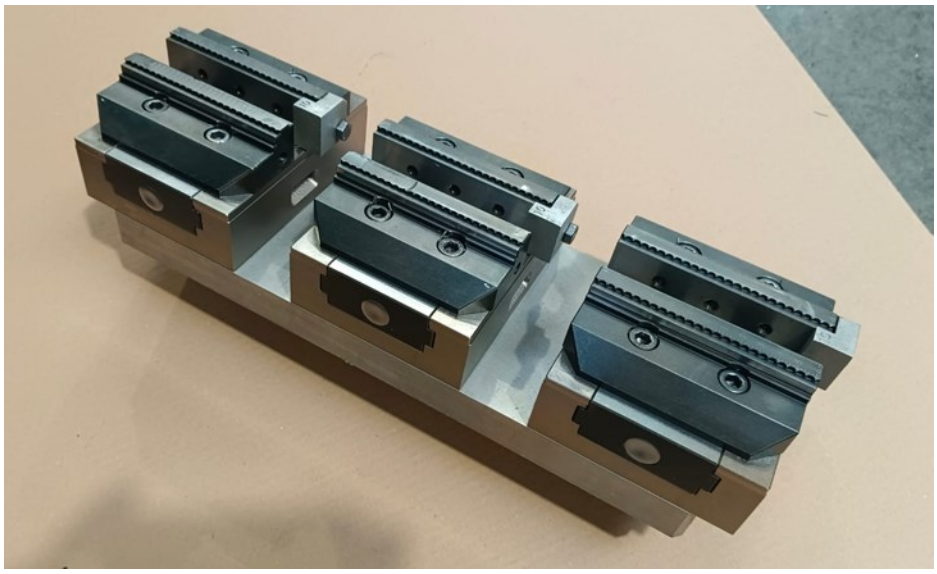
Na základě analýzy výrobního programu a strojního vybavení byly identifikovány hlavní typy upínacích systémů využívaných ve firmě PREMAC Company s.r.o.:

- Přesné strojní svěráky: SCHUNK KSC 125–160, SCHUNK KSX-C 125–430, LANG 65 mm, WARWICK KSS 125–180, KAMISHIRO KSSCV-M80130, velký svěrák BISON.

- Sklíčidla: univerzální sklíčidla TOS IUS 80/160/250, speciální sklíčidlo BISON 3154 na desce.
- Upínky: stupňovité upínky různých délek a průměrů závitu, nízkoprofilové upínky Pitbull, excentrické šrouby a upínací háky.
- Výrobní přípravky: vlastní přípravky pro odlitky a svařence, kombinující dorazy, upínky a klínové upínače.
- Kleštinové upínače: kleštinový upínač ER25 na tyčhranu pro upínání menších kruhových polotovarů.
- Magnetické a vakuové systémy: elektromagnet SCHUNK MFR-A1 a vakuové desky pro upínání deskových dílců (doplněk).
- Nulové body a palety: upínací stanice SCHUNK NSL3 200, palety pro robota o rozměrech cca 200 × 400 mm a rastrové desky s roztečí otvorů 75 mm se závitem M16.

Tabulka 3 Výřez databáze: seznam používaných svěráků a jejich základní parametry

Svěráky						
Druh	**Název**	**Informace**	**Parametry**	**Hutní polotovary**	**Odlitky**	**Svařence**
Pevný, přesný svěrák	SCHUNK KSC 125 - 160	Záhlub pro čep SP 40	125 x 160 x 83 mm; max. síla 35 kN 8,7 kg; max. moment 100 Nm	✓	✓	✗
Pevný přesný svěrák	SCHUNK KSX-C 125 - 430	5-ti osa; záhlub pro čep SP 40	125 x 430 x 174 mm; 36 kg max. síla 40 kN	✓	✓	✓
Pevný, malý svěrák	LANG 65 mm		77 x 77 x 65 mm; max. síla 6 kN 1,75 kg; max. moment 30 Nm	✓	✗	✗
Pevný, velký svěrák	BISON 6620-200-535/260-I	Základní	200 x 535 x 121 mm; max.síla 45 kN 58,95 kg; max. moment 170 Nm	✓	✓	✓
Pevný svěrák	WARWICK KSS 125 - 180	Lehčí SCHUNK KSC	125 x 180 x 83 mm; max. síla 25 kN 6,5 kg; max. moment 100 Nm	✓	✓	✗
Pevný, malý svěrák	KAMISHIRO KSSCV - M80130		138 x 80 x 64 mm; max. síla 7 kN 3,6 kg; max. moment 70 Nm	✓	✗	✗



Obrázek 13 Technologická paleta se třemi svěráky KAMISHIRO s tvarovými čelistmi ve firmě PREMAC Company s.r.o.

Hodnocení vhodnosti pro robotické pracoviště

Pro robotické pracoviště jsou problematické upínací systémy s vysokou hmotností (např. velká sklíčidla a velké svěráky), které výrazně snižují využitelnou nosnost robota pro manipulaci s paletami. Naopak menší přesné svěráky, modulární rastrové desky s upínkami a lehké přípravky z hliníku jsou pro robotickou manipulaci velmi vhodné.

Dalším aspektem je univerzálnost upínacího systému – příliš specializovaná řešení jsou vhodná jen pro úzký okruh dílců, což zvyšuje nároky na počet palet a přípravků. Z pohledu robotického pracoviště je žádoucí kombinovat univerzální svěráky a modulární systém upínek s menším počtem speciálních přípravků pro často opakované dílce.

Ve stávajícím stavu chyběla ucelená databáze, která by propojovala jednotlivé upínací systémy s konkrétními typy obrobků a umožnila rychlé vyhledání vhodného upnutí. Informace o upínacích prvcích byly roztroušené v katalogových listech, PDF souborech a složkách na disku.

NÁVRH UPÍNACÍCH SYSTÉMŮ PRO ROBOTICKÉ PRACOVIŠTĚ

Kritéria a vícekriteriální hodnocení

Pro objektivní porovnání jednotlivých upínacích systémů byla definována tato kritéria:

- Cena
- Rozměry a hmotnost
- Stabilita a tuhost
- Upínací síly
- Náročnost upnutí obrobku

Kritéria byla rozdělena na nákladová (cena, rozměry/hmotnost, náročnost upnutí) a výnosová (stabilita/tuhost, upínací síly). Na základě expertního odhadu byla jednotlivým kritériím přiřazena váha. Pro hodnocení byla zvolena metoda PATTERN, která umožňuje vypočítat pro každý upínací systém souhrnný index vhodnosti.

Tabulka 4 Udělené body pro každý upínač dle kritérií

	Cena -	Rozměry/ hmotnost -	Stabilita/ tuhost +	Upínací síly +	Náročnost upínání -
Menší svěrák	2 0,4	3 0,5481	5 3,8885	5 1,8888	3 0,5629
Menší sklíčidlo	3 0,2666	3 0,5481	4 3,1108	4 1,511	3 0,5629
Upínky	5 0,16	5 0,3289	4 3,1108	4 1,511	2 1 0,8444
Kleštinový upínač	4 0,2	4 0,4111	5 3,8885	4 1,511	4 0,4222
Magnetická deska	2 0,4	2 1 0,8222	2 1,5554	3 1,1333	5 0,3378
Vakuová deska	1 1 0,8	2 1 0,8222	1 1 0,7777	2 1 0,7555	5 0,3378
Přípravky	4 0,2	4 0,4111	5 3,8885	5 1,8888	3 0,5629
Upínky Pitbull	5 0,16	5 0,3289	3 2,3331	4 1,511	4 0,4222
Excentrické šrouby	5 0,16	5 0,3289	2 1,5554	2 1 0,7555	3 0,5629
Upínací háky	4 0,2	4 0,4111	4 3,1108	4 1,511	3 0,5629
Kleština na čtyřhranu	4 0,2	3 0,5481	5 3,8885	4 1,511	4 0,4222
Klínové upínače	4 0,2	5 0,3289	4 3,1108	5 1,8888	4 0,4222
Přidržovače	4 0,2	4 0,4111	3 2,3331	2 1 0,7555	4 0,4222
Multi-Rail System	2 0,4	5 0,3289	4 3,1108	5 1,8888	4 0,4222

Tabulka 5 Dosažené výsledky metodou PATTERN

Upínače	Součet hodnot I_{ij}	Výsledek
Součet hodnot menšího svěráku	0,4 + 0,5481 + 3,8885 + 1,8888 + 0,5629	**7,2883** → **1. místo**
Součet hodnot menšího sklíčidla	0,2666 + 0,5481 + 3,1108 + 1,511 + 0,5629	**5,9994** → **5. místo**
Součet hodnot upínek	0,16 + 0,3289 + 3,1108 + 1,511 + 0,8444	**5,9551** → **6. místo**
Součet hodnot kleštinového upínače	0,2 + 0,4111 + 3,8885 + 1,511 + 0,4222	**6,4328** → **4. místo**
Součet hodnot magnetické desky	0,4 + 0,8222 + 1,5554 +1,1333 + 0,3378	**4,2487** → **10. místo**
Součet hodnot vakuové desky	0,8 + 0,8222 + 0,7777 + 0,7555 + 0,3378	**3,4932** → **12. místo**
Součet hodnot přípravků	0,2 + 0,4111 + 3,8885 + 1,8888 + 0,3378	**6,7262** → **2. místo**
Součet hodnot upínek Pitbull	0,16 + 0,3289 + 2,3331 + 1,511 + 0,4222	**4,7552** → **9. místo**
Součet hodnot excentrických šroubů	0,16 + 0,3289 + 1,5554 + 0,7555 + 0,5629	**3,3627** → **13. místo**
Součet hodnot upínacích háků	0,2 + 0,4111 + 3,1108 + 1,511 + 0,5629	**5,7958** → **8. místo**
Součet hodnot kleštin na čtyřhranu	0,2 + 0,5481 + 3,8885 + 1,511 + 0,4222	**6,5698** → **3. místo**
Součet hodnot klínových upínačů	0,2 + 0,3289 + 3,1108 + 1,8888 + 0,4222	**5,9507** → **7. místo**
Součet hodnot přidržovačů	0,2 + 0,4111 + 2,3331 + 0,7555 + 0,4222	**4,1219** → **11. místo**
Součet hodnot Multi-Rail System	0,2 + 0,4111 + 3,8885 + 1,8888 + 0,3378	**6,7262** → **2. místo**

Na základě vícekriteriálního hodnocení vyšlo, že pro robotické pracoviště jsou nejvhodnější zejména menší přesné svěráky, modulární upínky a kleštinové upínače, zatímco magnetické a vakuové desky jsou kvůli hmotnosti a ceně spíše doplňkovým řešením pro specifické aplikace.

Upínání hutných polotovarů

Kruhový průřez

Pro hutné polotovary kruhového průřezu byly navrženy tyto upínací systémy:

- Menší sklíčidla TOS IUS montovaná na technologickou paletu,
- kleštinové upínače ER25 na tyčhranu, které umožňují upínat více menších obrobků najednou,
- upínky na rastrové desce pro větší průměry, kde by kleštinové upínače nebo sklíčidla byla hmotnostně nevhodná.

Pro robotické pracoviště je výhodné kombinovat na jedné paletě více menších upínačů tak, aby při jedné výměně palety docházelo k obrábění několika obrobků současně.

Čtvercový a obdélníkový průřez

Pro hutné polotovary čtvercového a obdélníkového průřezu byly doporučeny:

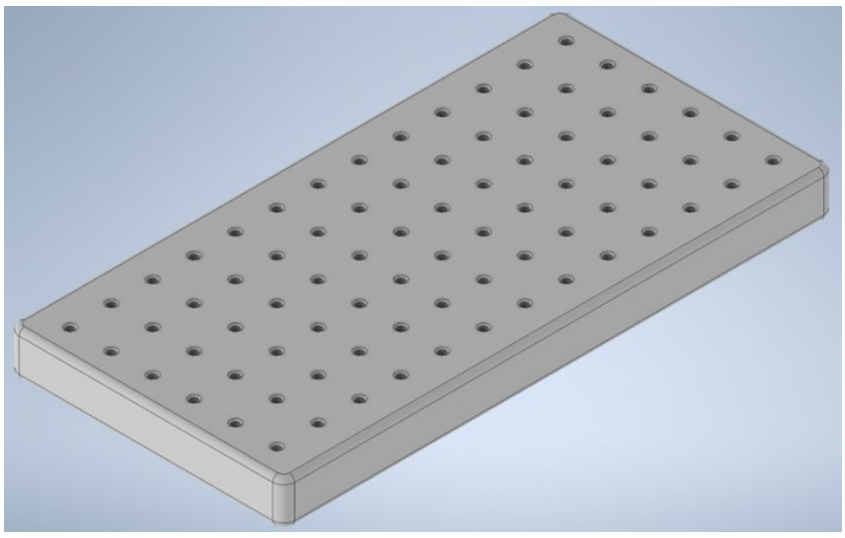
- Malé přesné svěráky SCHUNK KSC a KAMISHIRO, montované na technologické palety,
- upínky Pitbull na rastrové desce pro větší nebo tvarově složitější hranoly,
- excentrické šrouby a dorazy pro rychlé ustavení.

Toto řešení umožňuje upnout několik hranolových dílců vedle sebe na jedné paletě a optimalizovat využití pracovní plochy stolu.

Deskové polotovary

Pro deskové polotovary byly navrženy:

- Kombinace dvou a více svěráků v jedné linii,
- upínky Pitbull a další mechanické upínky na rastrové desce,
- doplňkové použití magnetických a vakuových desek u tenkých desek, kde je požadavek na minimální deformace.

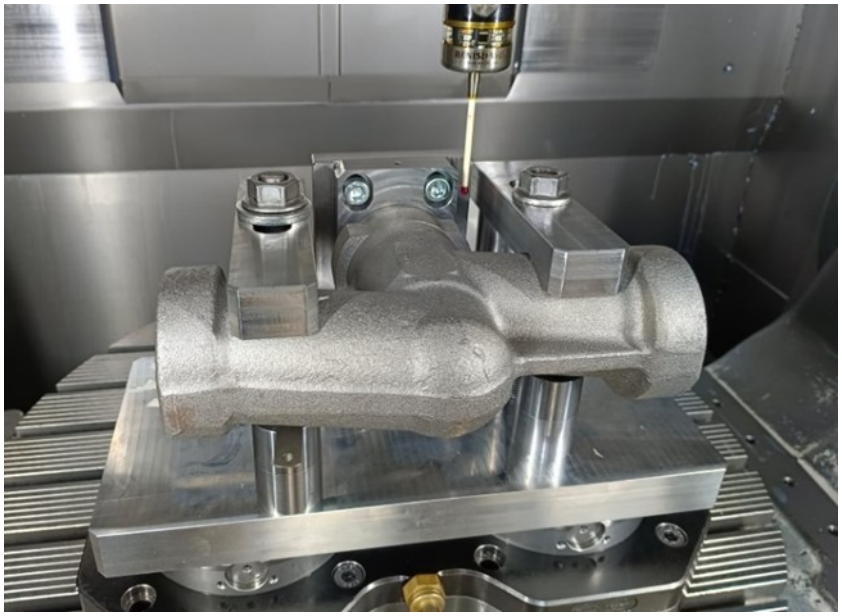


Obrázek 14 Model rastrové desky s roztečí 75 mm a závity M16

Upínání odlitků a svařenců

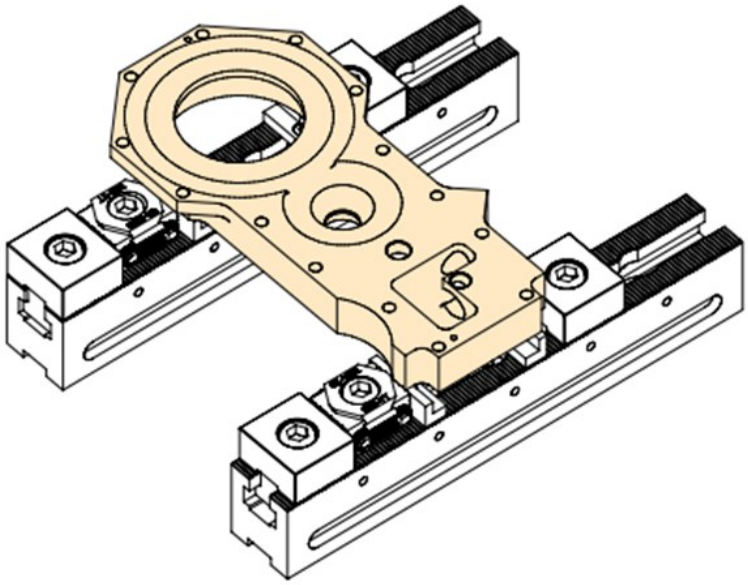
Odlitky a svařence patří mezi tvarově složitější polotovary s nerovnoměrným povrchem a často i zbytkovými napětími. Pro tyto dílce byly navrženy zejména speciální přípravky, které kombinují:

- Přesné opěrné plochy a dorazy,
- upínky s kulovou vložkou,
- klínové upínače a upínací háky.



Obrázek 15 Příklad upínacího přípravku pro odlitky používaného ve firmě PREMAC

Pro svařence jsou vhodné také modulární systémy typu Multi-Rail, které umožňují přizpůsobit polohu upínacích prvků konkrétnímu tvaru dílce a efektivně rozložit upínací síly.



Obrázek 16 Multi-Rail System – modulární systém pro upínání tvarově složitých dílců

Upínání pro dokončovací operace

Pro dokončovací operace s vysokými požadavky na přesnost a kvalitu povrchu byly navrženy:

- Svěráky s měkkými nebo tvarovými čelistmi, které lze obrobit na přesný tvar daného dílce,
- kleštinové upínače pro přesné rotační dílce,
- magnetické a vakuové desky pro tenké deskové dílce, kde je třeba minimalizovat deformace a otlaky.

Tabulka 6 Doporučené kombinace upínacích systémů

Svěráky						
Druh	**Název**	**Informace**	**Parametry**	**Hutní polotovary**	**Odlitky**	**Svařence**
Pevný, přesný svěrák	SCHUNK KSC 125 - 160	Záhlub pro čep SP 40	125 x 160 x 83 mm; max. síla 35 kN 8,7 kg; max. moment 100 Nm	✓	✓	✗
Pevný přesný svěrák	SCHUNK KSX-C 125 - 430	5-ti osa; záhlub pro čep SP 40	125 x 430 x 174 mm; 36 kg max. síla 40 kN	✓	✓	✓
Pevný, malý svěrák	LANG 65 mm		77 x 77 x 65 mm; max. síla 6 kN 1,75 kg; max. moment 30 Nm	✓	✗	✗
Pevný, velký svěrák	BISON 6620-200-535/260-I	Základní	200 x 535 x 121 mm; max.síla 45 kN 58,95 kg; max. moment 170 Nm	✓	✓	✓
Pevný svěrák	WARWICK KSS 125 - 180	Lehčí SCHUNK KSC	125 x 180 x 83 mm; max. síla 25 kN 6,5 kg; max. moment 100 Nm	✓	✓	✗
Pevný, malý svěrák	KAMISHIRO KSSCV - M80130		138 x 80 x 64 mm; max. síla 7 kN 3,6 kg; max. moment 70 Nm	✓	✗	✗

DATABÁZE UPÍNACÍCH SYSTÉMŮ PRO ROBOTICKÉ PRACOVIŠTĚ

Struktura databáze v MS Excel

Pro zajištění přehledného a jednotného přístupu k informacím o upínacích systémech byla vytvořena databáze v prostředí MS Excel. Hlavní list databáze obsahuje přehled typů upínacích systémů a normalizovaných položek, které jsou dále podrobně rozepsány na samostatných listech.

Hlavní kategorie zahrnují:

- Svěrky
- Sklíčidla
- Upínky
- Výrobní přípravky
- Kleštiny
- Magnet/Vakuum
- Ostatní upínače
- Šrouby, matice, podložky
- Čepy
- Palety a rastrové desky
- Nulové body

Tabulka 7 Databáze upínacích systémů pro robotické pracoviště

Databáze upínacích systémů pro robotické pracoviště		
Typ upínacího systému	**Normalizované položky**	**Další položky**
Svěráky	Šrouby	Palety + rastrové desky
Sklíčidla	Matice	Nulové body
Upínky	Podložky	
Přípravky	Čepy	
Kleštiny	Ostatní	
Magnet + vakuum		
Ostatní upínače		

Obsah jednotlivých listů

Každý typ upínacího systému má vlastní list, ve kterém jsou evidovány:

- Druh upínače,
- název a typové označení,
- stručné informace o použití,
- technické parametry (rozměry, upínací síla, hmotnost, maximální otáčky u sklíčidel atd.),
- vhodnost použití pro hutné polotovary, odlitky a svařence.

Ukázka použití databáze v praxi

Typická situace ve firmě může vypadat následovně: technolog potřebuje navrhnout upnutí nového obrobku – hutného polotovaru čtvercového průřezu o daných rozměrech a hmotnosti v malosériové výrobě. Pomocí databáze nejprve zvolí typ obrobku a charakter výroby, následně vyfiltruje vhodné svěráky podle upínací síly a hmotnosti a vybere takový, který je kompatibilní s technologickými paletami a nosností robota.

Stejným způsobem může databáze pomoci při výběru vhodné palety, rastrové desky nebo přípravku pro odlitky a svařence, čímž zkracuje dobu potřebnou pro návrh technologického postupu a zvyšuje konzistenci rozhodování v rámci firmy.

Realizace case study přinesla několik konkrétních přínosů:

- Byly systematicky zmapovány a vyhodnoceny stávající upínací systémy z pohledu jejich využití na robotickém pracovišti.
- Byly navrženy kombinace upínacích systémů a technologických palet pro hlavní skupiny obrobků, které respektují omezení nosnosti robota a umožňují efektivní obrábění více dílců v jednom upnutí.
- Vícekriteriální hodnocení pomocí metody PATTERN poskytlo podklad pro rozhodování o budoucích investicích do upínací techniky – například navýšení počtu menších přesných svěráků či kleštinových upínačů a omezení využití hmotných systémů, které jsou méně vhodné pro robotickou manipulaci.
- Byla vytvořena databáze upínacích systémů v MS Excel, která slouží jako centrální úložiště informací o upínací technice a souvisejících normalizovaných položkách. Databáze umožňuje rychlé filtrování a vyhledávání vhodného upnutí podle typu obrobku a požadované operace.

Tato case study se zaměřila na problematiku technologie upínání obrobků pro robotické pracoviště ve firmě PREMAC Company s.r.o. V úvodní části byla představena firma, její strojní vybavení a nově zavedené robotické pracoviště s robotem Yaskawa Motoman MH50 a obráběcím centrem FEELER VMP 30A. Následně byla provedena analýza stávajících upínacích systémů a jejich zhodnocení z hlediska vhodnosti pro robotické pracoviště.

Na základě definovaných kritérií a vícekriteriálního hodnocení byly navrženy upínací systémy pro hutné polotovary, odlitky, svařence a dílce s požadavky na dokončovací operace. Návrhy zohledňovaly omezení nosnosti robota, potřebu víceobrobkového upnutí na jedné paletě a požadavky na přesnost a produktivitu.

Součástí řešení bylo vytvoření databáze upínacích systémů v prostředí MS Excel, která poskytuje přehledný a strukturovaný pohled na používanou upínací techniku a související normalizované položky. Databáze představuje praktický nástroj, který může firma využít při návrhu nových technologických postupů, plánování investic do upínacího vybavení i při dalším rozvoji robotizovaných pracovišť.