



FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY
V PLZNI

KTO/TK

Technologičnost konstrukce z hlediska **montáže**

Definice pojmů

- ▶ **TK** = relativní vlastnost výrobku, montážních celků i jednotlivých součástí, která je ovlivněna konkrétními podmínkami výrobního procesu
- ▶ **Montáž** = postupné skládání a spojování jednotlivých součástí a montážních celků v hotový výrobek
- ▶ **TK z hlediska montáže** = úprava rozměrů, materiálů a dalších parametrů, tak aby byla poskytnuta nejnižší pracnost montáže a zhotovení výrobku při zachování, eventuálně zlepšení dané funkce možností výrobní techniky.

Definice pojmů

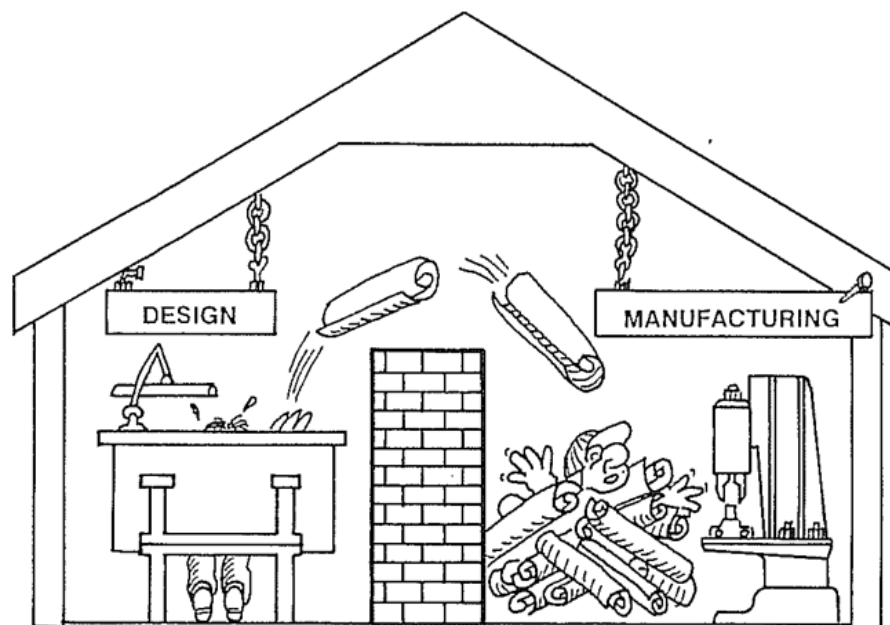
- ▶ Standardizace 
- ▶ Normalizace 
- ▶ Unifikace 
- ▶ Typizace 
- ▶ Simplifikace 
- ▶ Dědičnost 

Úvod

- ▶ Pojem TK se nevztahuje jen na součástky, ale hlavně na výrobky a spojení součástí
- ▶ Důležitý faktor: technická stránka a její ekonomická efektivnost
- ▶ TK **musí** zabezpečovat i nejnižší pracnost, náklady a krátké výrobní cykly
- ▶ zvyšující se stupeň mechanizace a automatizace = rostoucí požadavky na TK výrobků a přesnost provedení

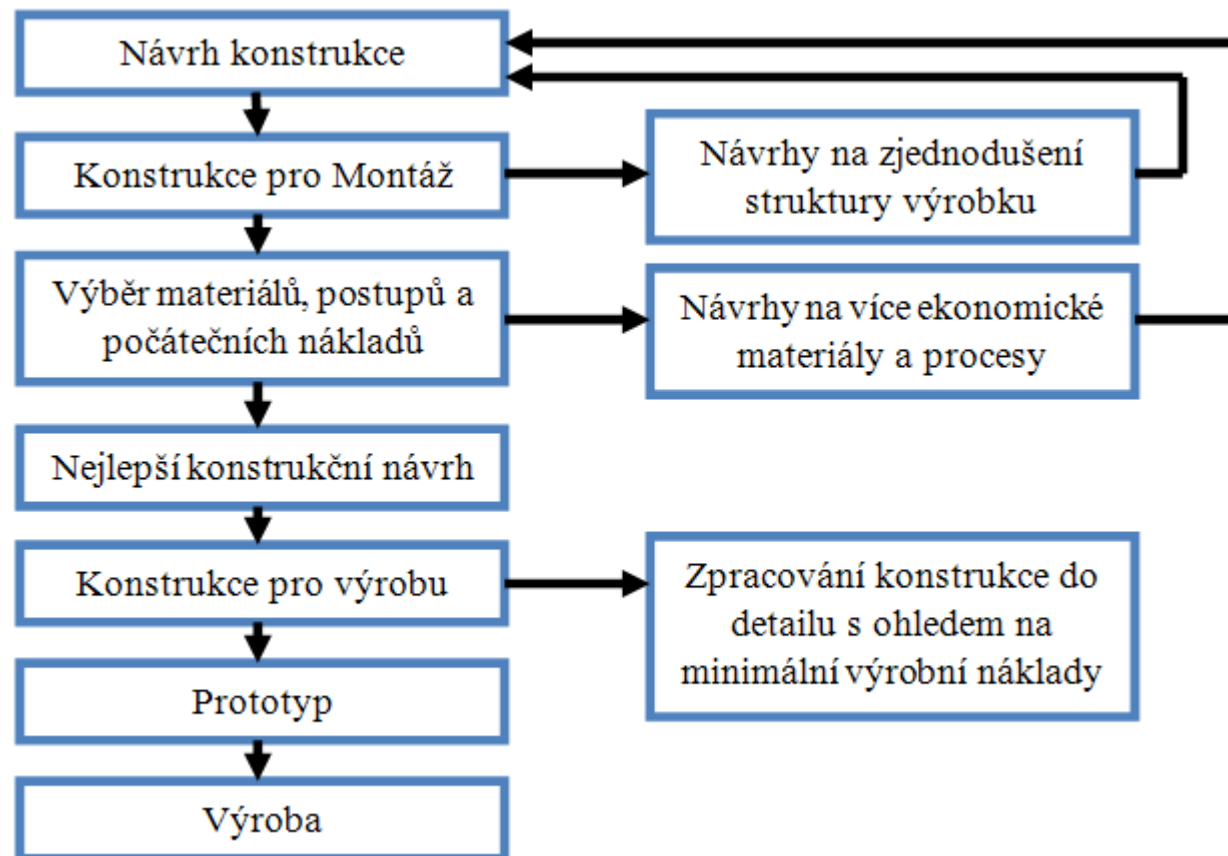


To že umíme něco naskicovat / zkonstruovat
neznamená, že to umíme vyrobit a také to
neznamená, že to umíme vyrobit
ekonomicky.



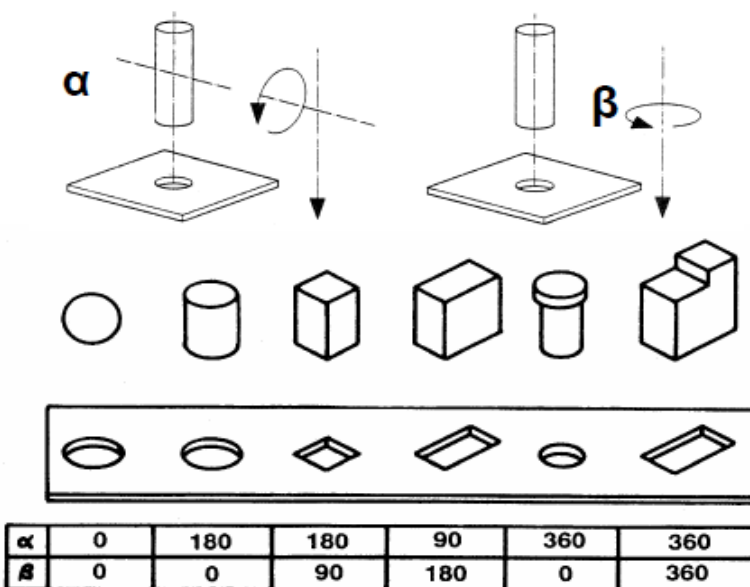
Strategie pro uplatňování TK

- ▶ Cílem TK: maximalizovat použití výrobních procesů a minimalizovat počet součástí v montážním celku nebo výrobku
- ▶ Výsledkem: jednodušší a spolehlivý výrobek nenáročný na výrobu a montáž



Manipulační problémy

► Symetrie součástí

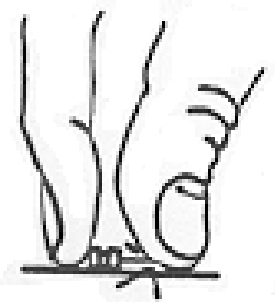


► Velikost součástí

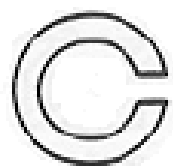


Manipulační problémy

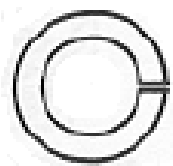
- ▶ Křehké / ostré součásti



- ▶ Vzájemné řetězení nebo spletení součástí



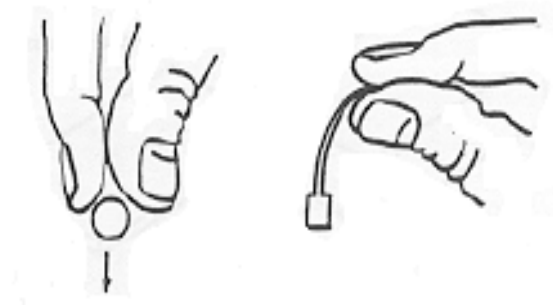
**Součást
bude
vytvářet
řetězce**



**Součást
nebude
vytvářet
řetězce**

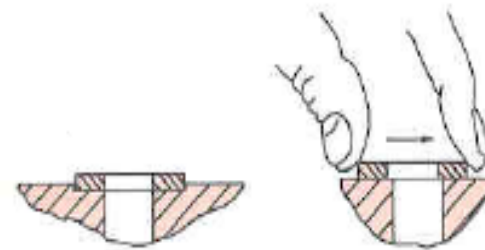
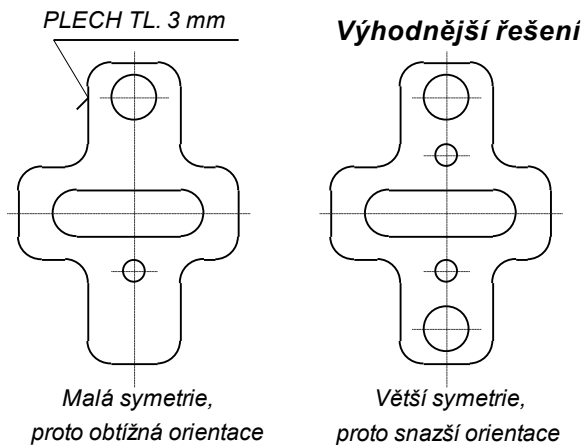
Manipulační problémy

- ▶ Kluzké nebo pružné součásti

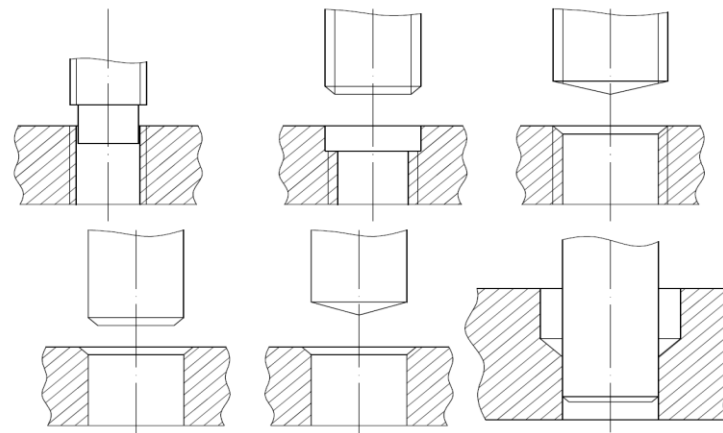
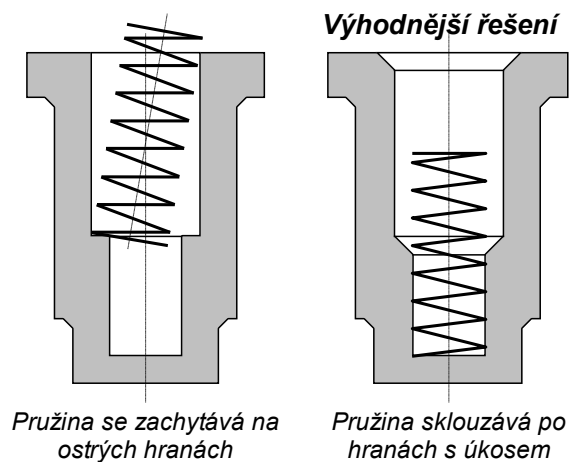


Problémy s vkládáním součástí

► Vyrovnání součástí

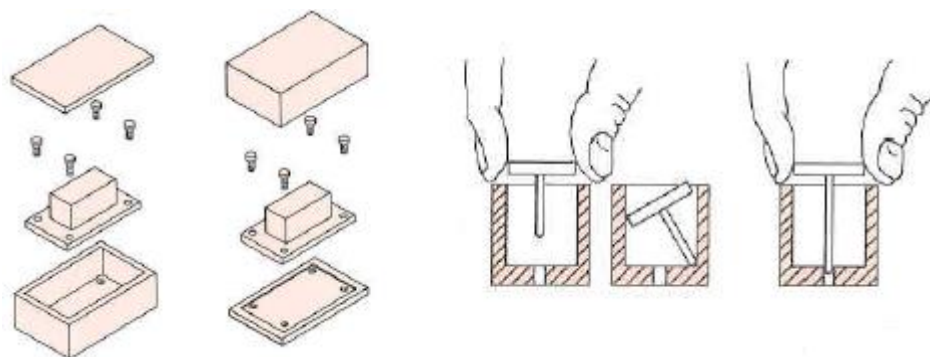


► Vkládání součástí



Problémy s vkládáním součástí

- Obtížný přístup nebo špatná viditelnost do místa montáže



Základní pravidla pro TK

- ▶ volit standardizované součásti, příkladem mohou být šrouby, matice, atd. Omezit jejich různorodost.
- ▶ minimalizovat počet součástí, např. sdružením dvou a více součástí v jeden celek
- ▶ materiály součástí a navržené technologie výroby musí být co nejlevnější
- ▶ měla by být zajištěna vzájemná vyměnitelnost součástí
- ▶ konstrukce součásti s ohledem na vybavení strojového parku podniku
- ▶ vytvářet symetrické součásti
- ▶ pokud nelze zajistit symetrii navržených součástí, je doporučeno zvýraznit asymetrické prvky, které usnadní orientaci

Základní pravidla pro TK

- ▶ konstrukce základní součásti taková, aby nebylo nutné upínat ji do přípravku
- ▶ nenavrhovat užší tolerance než je třeba
- ▶ nenavrhovat materiály, které jsou dostupné pouze na objednávku
- ▶ u velkosériové výroby začlenit automatické montážní linky
- ▶ minimalizovat výrobní kroky
- ▶ nenavrhovat čtvercové otvory (díry mohou být vyrobeny laciněji šroubovým vrtákem)
- ▶ zajistit dobrý přístup do místa montáže a dobrou viditelnost
- ▶ minimalizovat potřebu po znovu-orientaci během montáže
- ▶ konstruovat součásti, které nemohou být montovány špatně

Základní pravidla pro TK

- ▶ konstruovat součásti, které se nebudou vzájemně zaplétat
- ▶ součásti, které jsou si tvarově podobné, rozlišit např. barvou
- ▶ navrhovat konstrukci výrobku tak, že bude možné provádět montáž v jednom směru, např. vertikální směr montáže

Zajištění TK z pohledu montáže

Technologičnost montáže se zajišťuje třemi základními podmínkami:

- ▶ Členění výrobku na jednotlivé uzly
- ▶ Zajištění vyměnitelnosti a vzájemné vyměnitelnosti (odstranění lícovacích a dolícovacích prací)
- ▶ Zajištění jednoduchosti montáže a přístupnosti montážních míst

▶ Montáž stacionární soustředěná



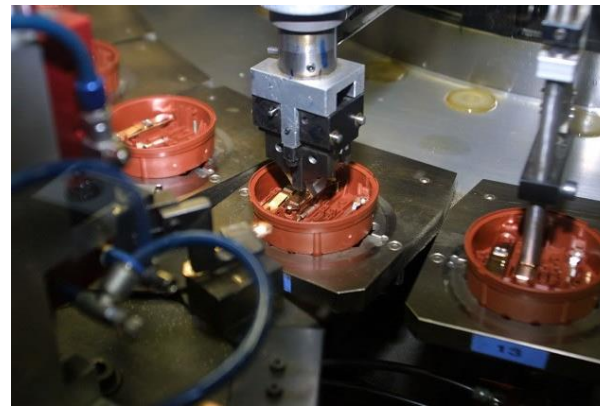
▶ Úplná vzájemná vyměnitelnost



Rozdělení montáže

Základní rozdělení montáže:

- ▶ Ruční montáž
- ▶ Strojní montáž (poloautomatická, plně automatická)



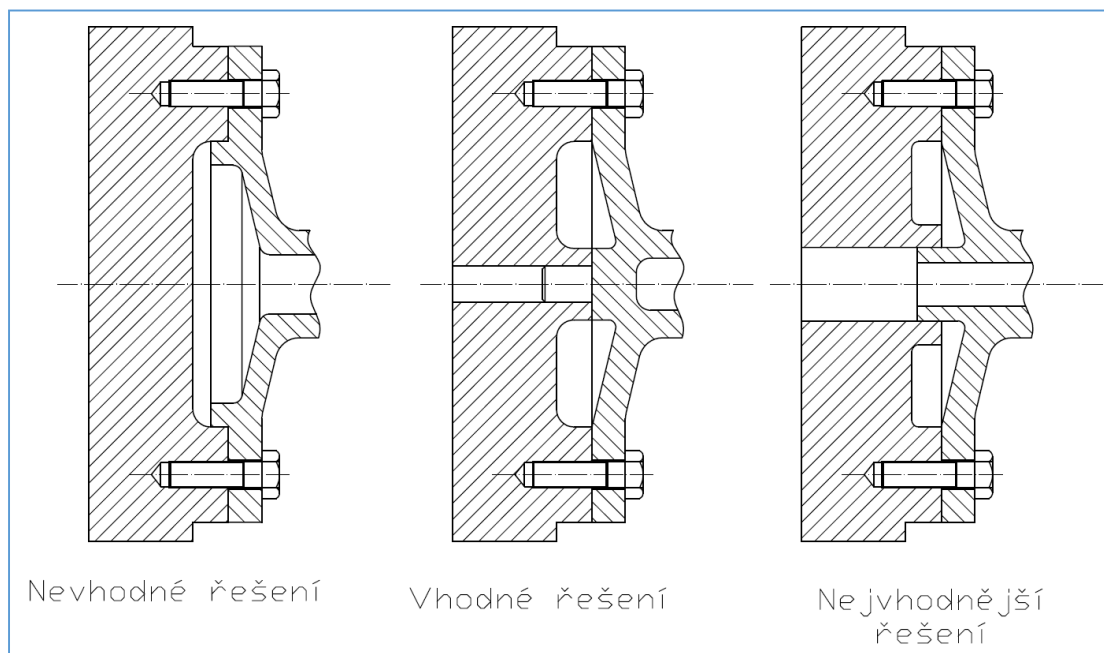
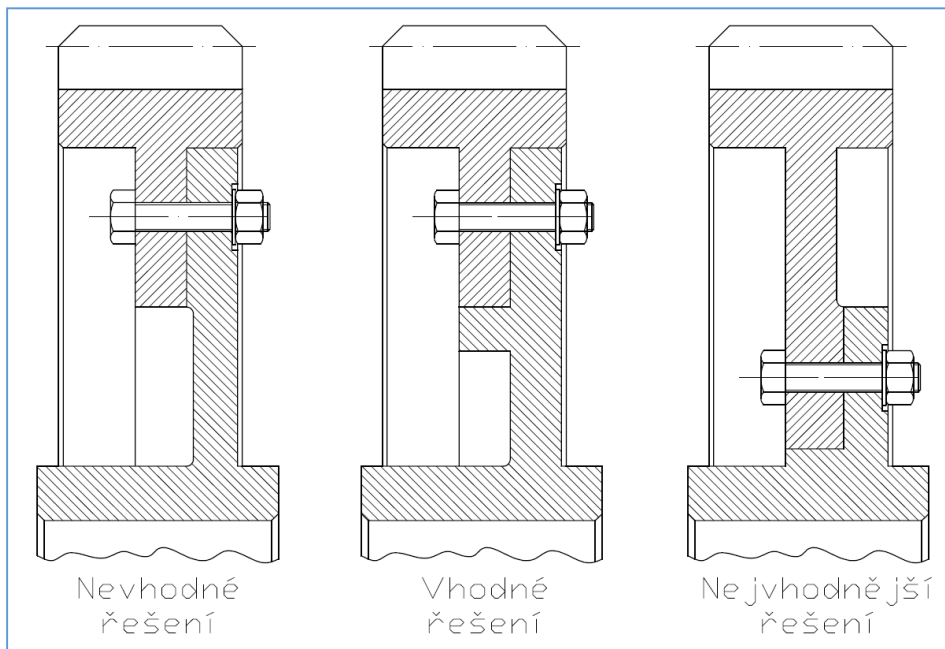
- ▶ TK objektů montáže při ruční a mechanizované montáži tvoří soubor pravidel, jejichž dodržování má především:
 - ▶ zlepšit podmínky montáže
 - ▶ vytvořit dobré předpoklady pro vytváření spojů a jejich správné funkce ve výrobcích.

Požadavky TK objektů montáže při ruční a mechanizované montáži

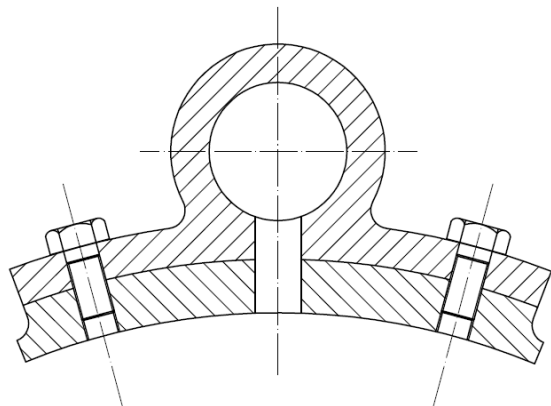
Všeobecně platné požadavky na TK objektů montáže jsou následující:

1. Poloha montovaných součástek musí být jednoznačně určená montážními základnami.
 - a) Montážní základna na válcových plochách => Vhodným způsobem ustavení součástek je jejich centrování. Zde platí následující způsoby:
 - ▶ centrovat na co nejmenším průměru
 - ▶ centrovat jen na jednom válcovém povrchu
 - ▶ necentrovat na závitech
 - b) Montážní základna na rovinných plochách
 - ▶ montážní základny (dle možností) pouze rovinné
 - c) Ustavení ve směru osy
 - d) Přesná vzájemná poloha součástek - vyžaduje co nejméně součástek

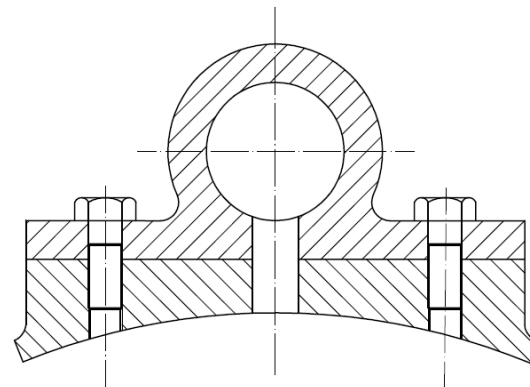
Požadavky TK objektů montáže při ruční a mechanizované montáži



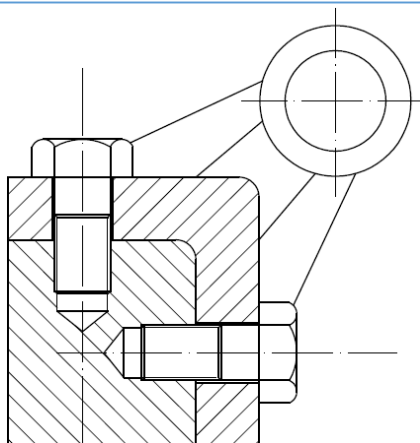
Požadavky TK objektů montáže při ruční a mechanizované montáži



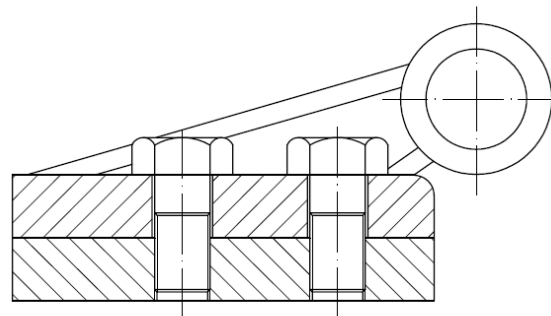
a) Nevhodné řešení



b) Vhodné řešení

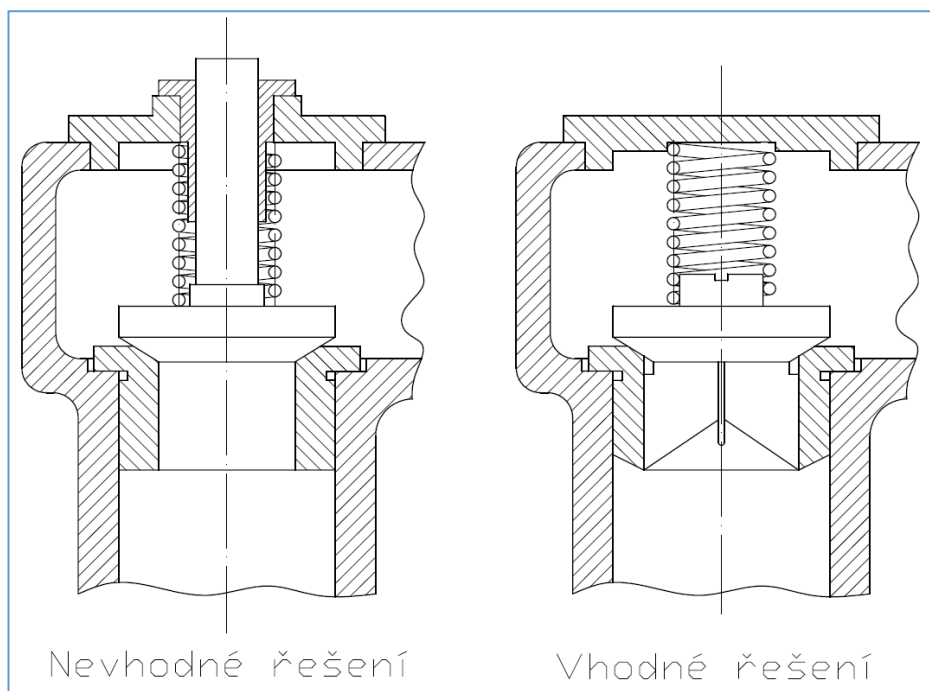
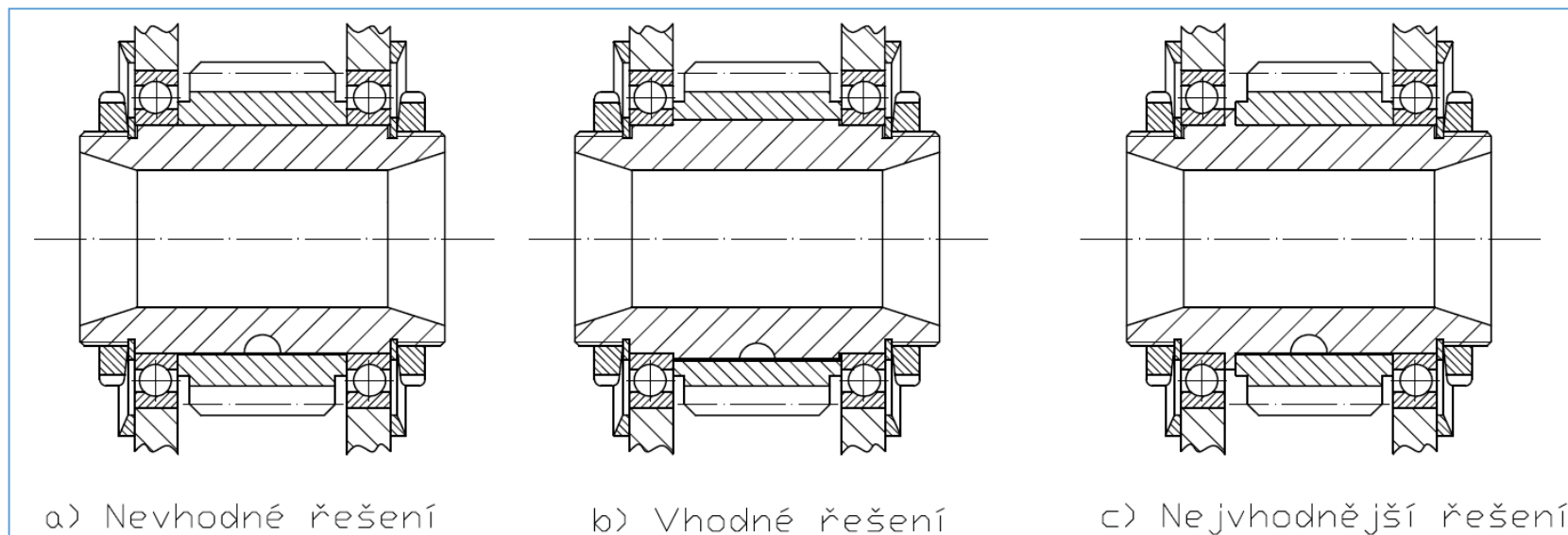


c) Nevhodné řešení



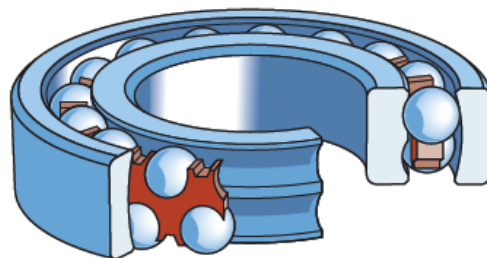
d) Vhodné řešení

Požadavky TK objektů montáže při ruční a mechanizované montáži

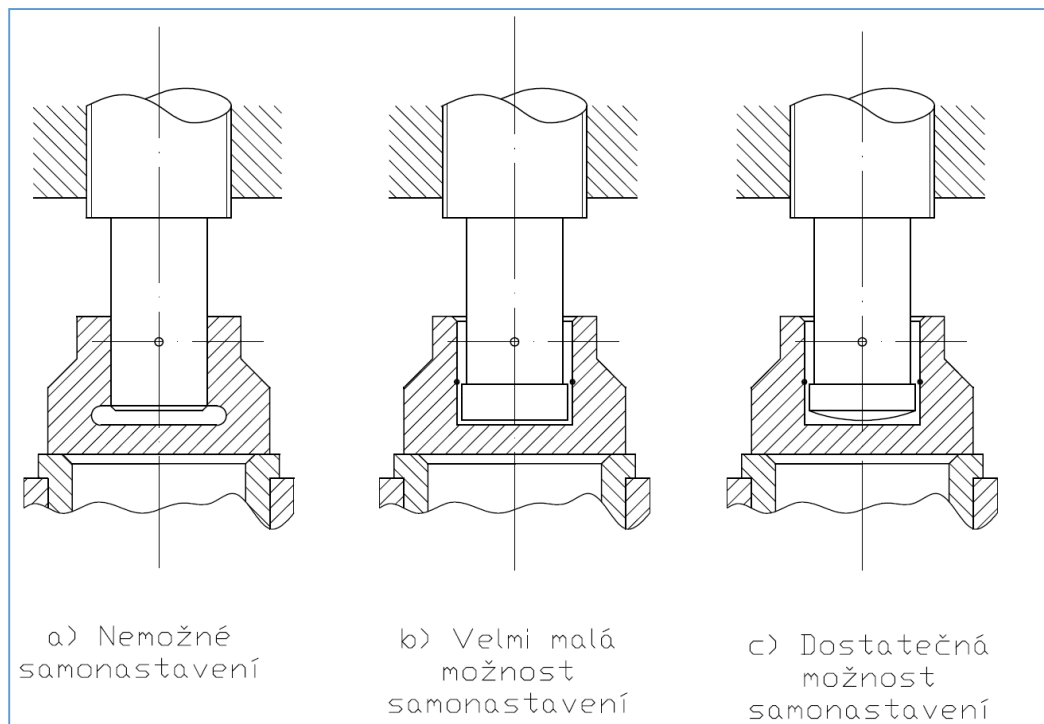
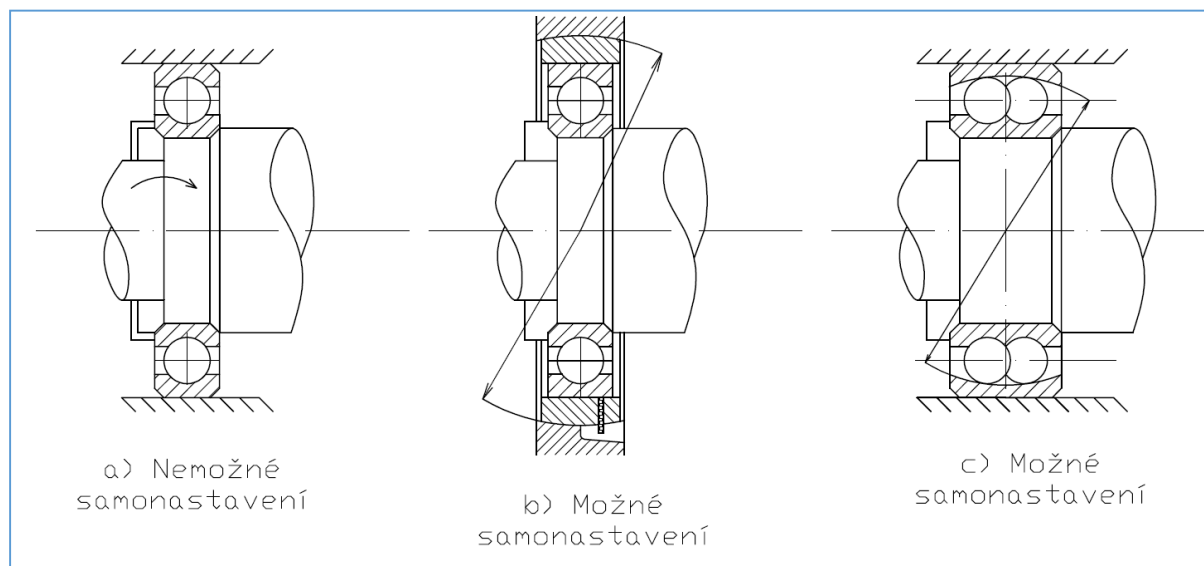


Požadavky TK objektů montáže při ruční a mechanizované montáži

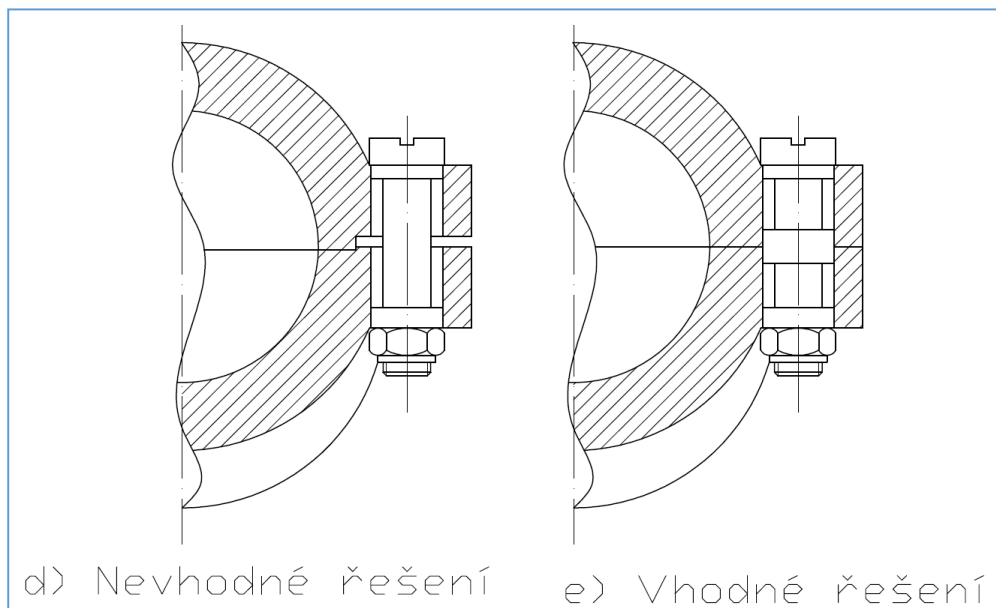
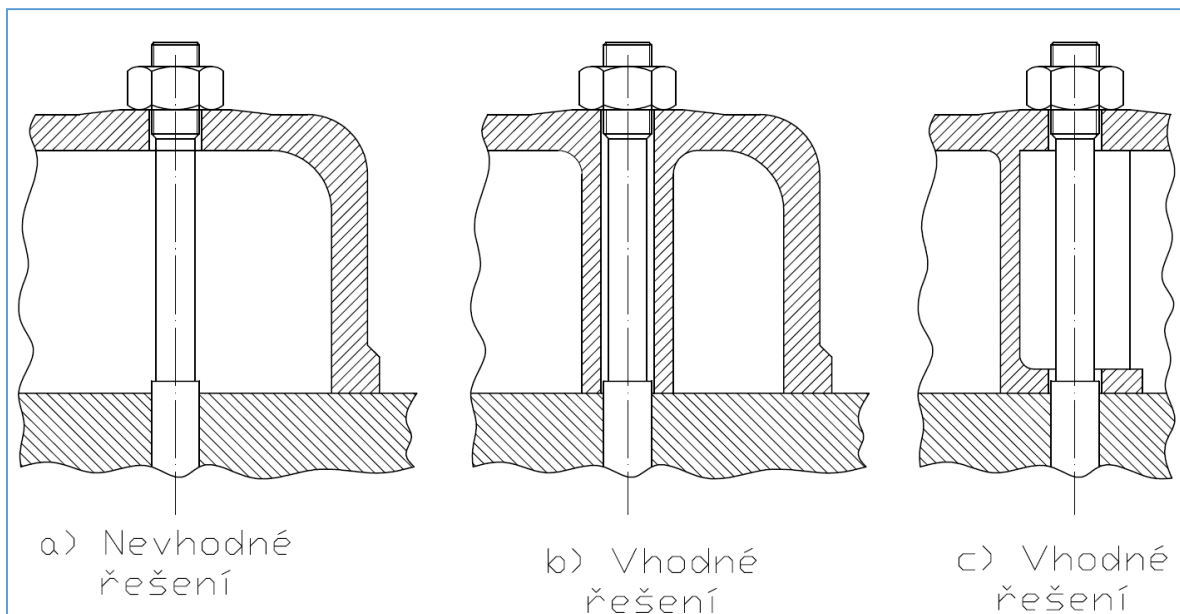
2. Urychlení a zlevnění montáže samonastavením součástek a uzlů – využití kluzných a kuličkových ložisek
3. Při montáži většího počtu součástek do skupin, při pevných uložení, mohou v součástkách vznikat napětí, která mohou způsobit deformaci a zhoršit funkční vlastnost výrobku.
4. Tvar nebo některé prvky součástky mají zabezpečit bezchybnou montáž.
5. Konečným cílem zvyšování technologičnosti konstrukce montáže je snížení pracnosti při současném snížení výrobních nákladů.



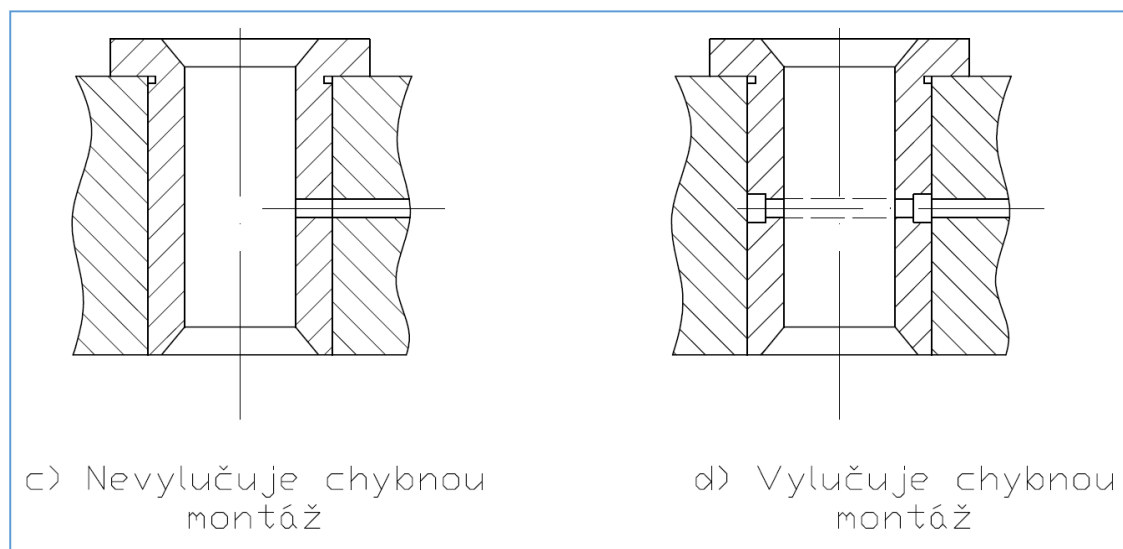
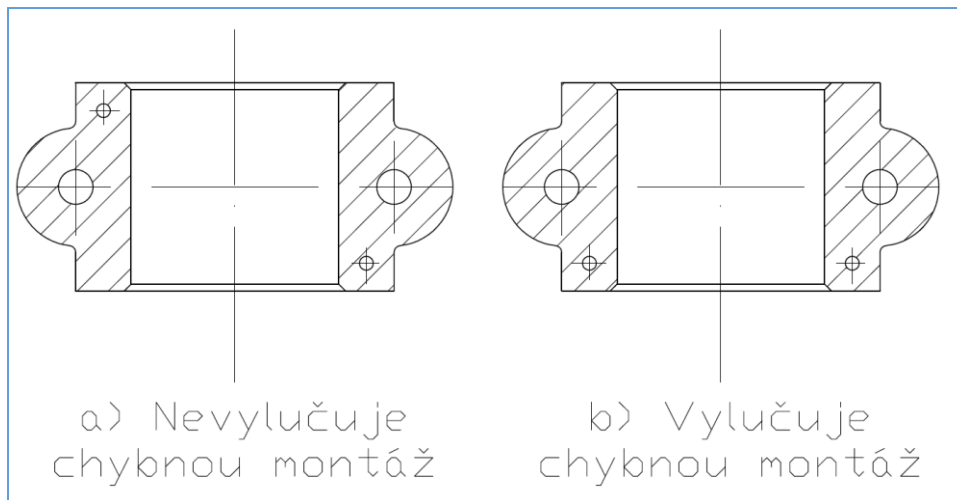
Požadavky TK objektů montáže při ruční a mechanizované montáži



Požadavky TK objektů montáže při ruční a mechanizované montáži



Požadavky TK objektů montáže při ruční a mechanizované montáži



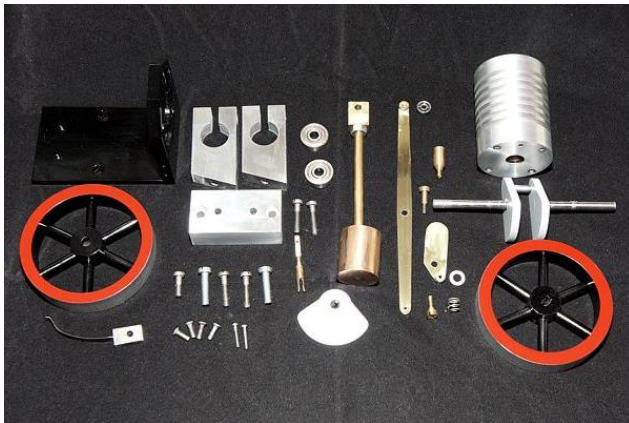
Požadavky TK objektů montáže při ruční a mechanizované montáži

- ▶ Značný podíl pracnosti montáže mají práce nemontážního charakteru, tzn. dolícování
- ▶ Dolícování - vzniká v důsledku nedokonalosti konstrukce a nedisciplinovanosti ve výrobě
- ▶ Existují případy, kdy dokončovací práce nemontážního charakteru musí zabezpečit funkční vlastnosti
- ▶ Tyto práce:
 - ▶ vyžadují vyšší odbornost montážních pracovníků !
 - ▶ narušují plynulost montáže !
 - ▶ vylučují vzájemnou vyměnitelnost součástek a uzlů !

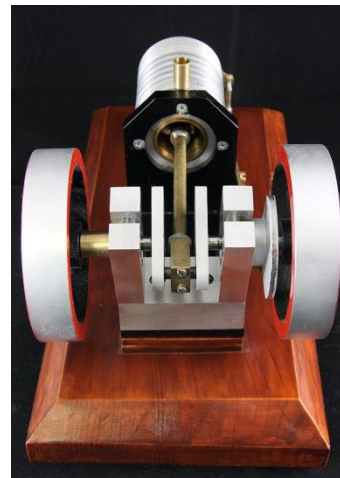
Pravidlo pro konstruktéra: „*Konstrukce výrobku má být taková, aby se vyloučily práce nemontážního charakteru na montážním pracovišti.*“

Požadavky na TK objektů montáže při automatizované výrobě

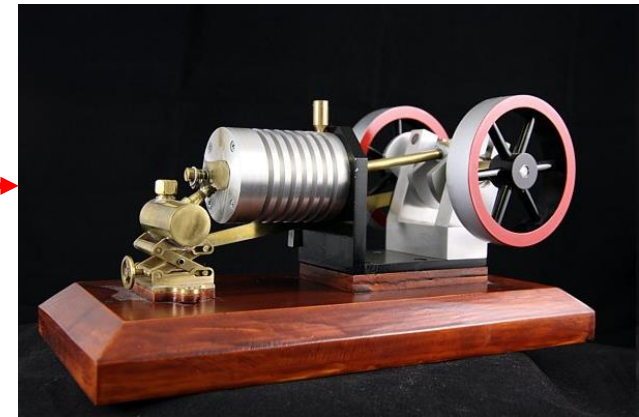
- ▶ Automatizace montáže vyžaduje řadu technických řešení
- ▶ Výrobky určené pro automatickou montáž se speciálně projektují
- ▶ Posuzování TK se odděleně posuzuje:
 - ▶ Technologičnost součástek
 - ▶ Technologičnost provedení spojů
 - ▶ Technologičnost výrobku jako celku



TK součástek



TK spojů



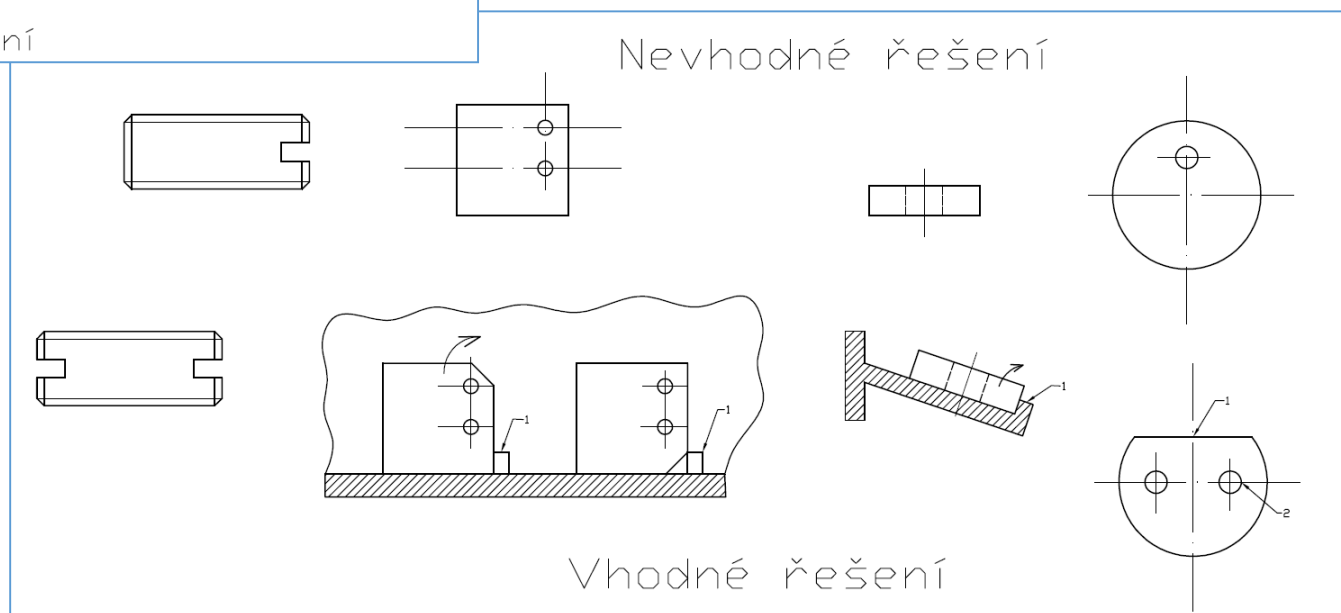
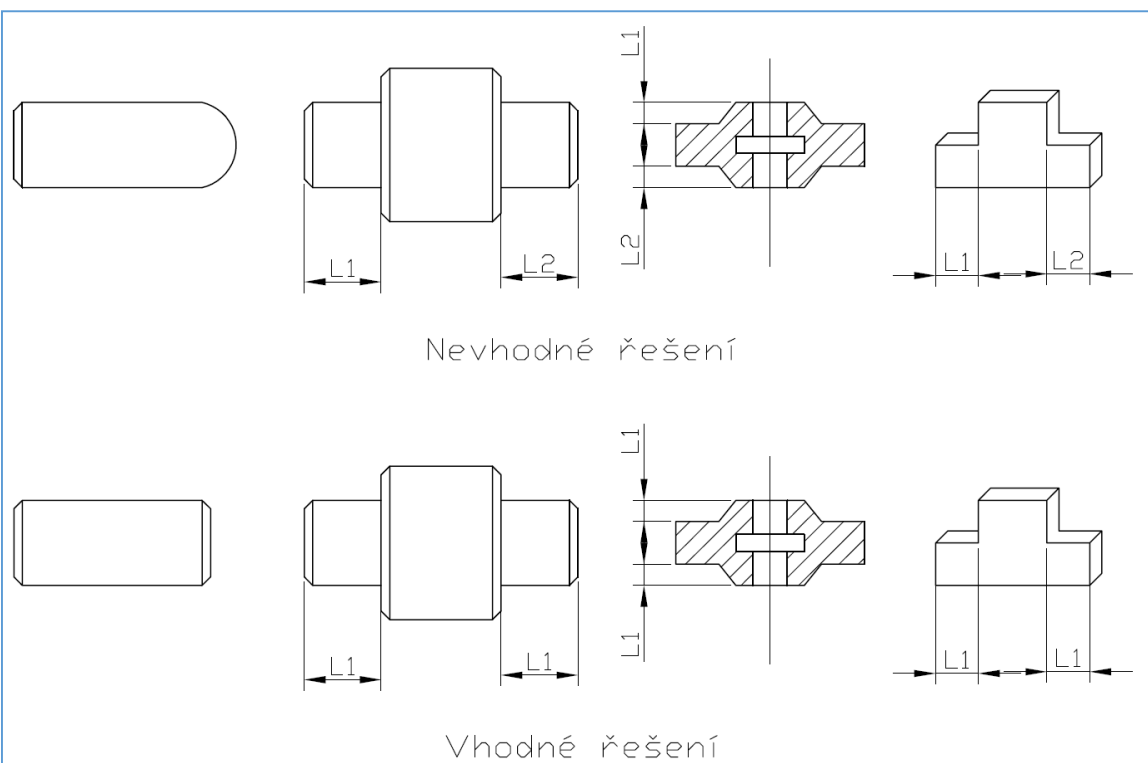
TK výrobku

Zásady návrhu součástek pro automatizovanou montáž

1) Konstrukce součástek symetrických tvarů – zjednodušení orientace

- ▶ Obr. – příklady tvarů součástek z hlediska zjednodušení úlohy jejich automatické orientace:
 - ▶ Součástky, které mají osu rotace
 - ▶ Součástky, které mají plochy symetrie
 - ▶ Součástky, které nemají symetrické plochy kolmé na osu otáčení
- ▶ Prvky aktivní a pasivní orientace
- ▶ Automatická orientace se komplikuje pokud je nedostatečně vyjádřená nesymetričnost součástky nevýraznými vnějšími příznaky
- ▶ Nutnost realizovat prvky jako: sražení hran, otvory

Zásady návrhu součástek pro automatizovanou montáž

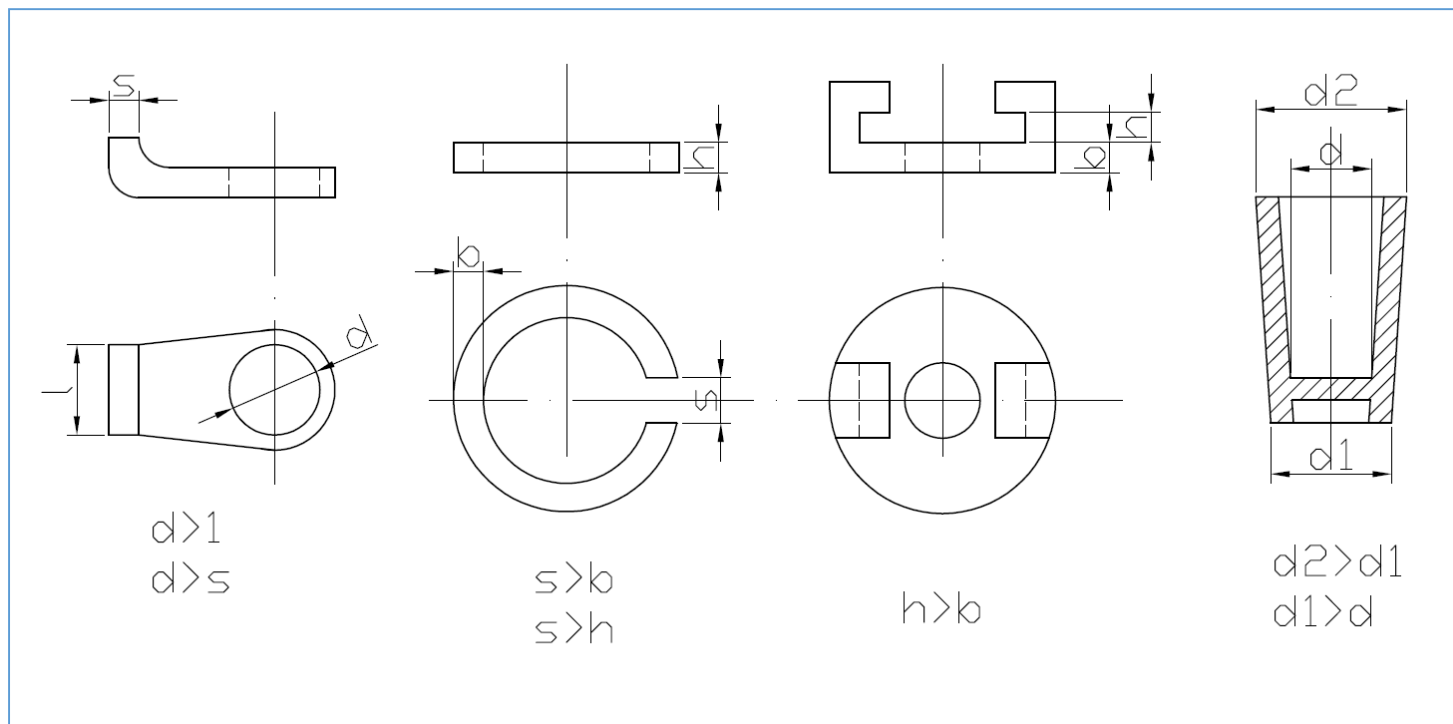


Zásady návrhu součástek pro automatizovanou montáž



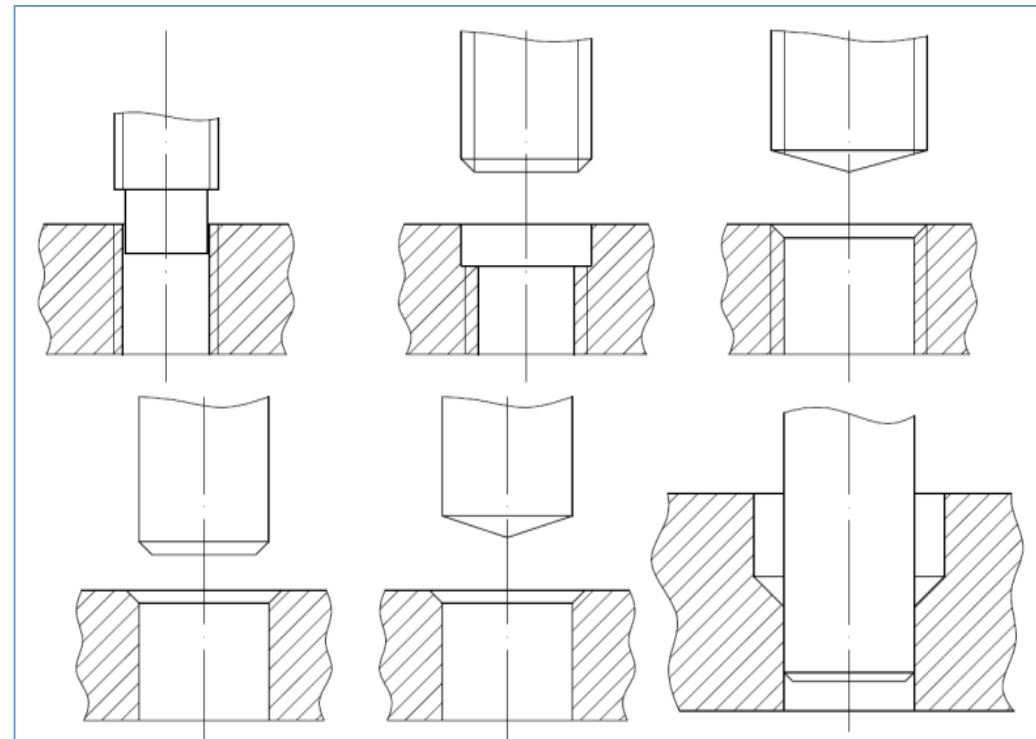
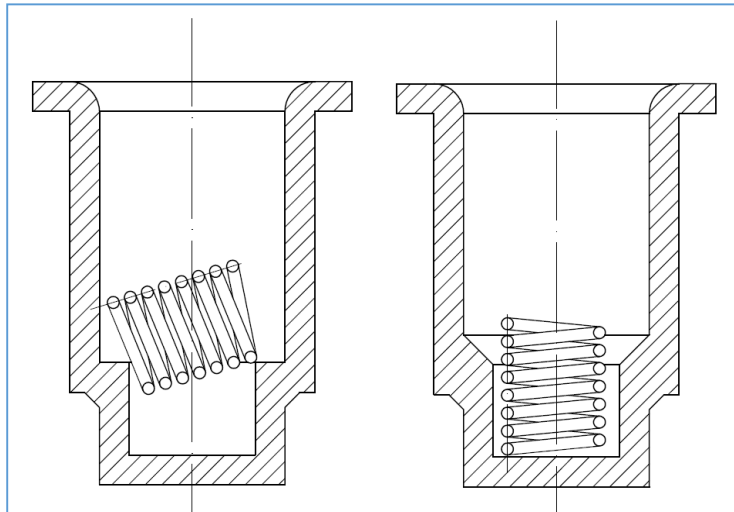
Zásady návrhu součástek pro automatizovanou montáž

- 2) Konstrukce součástek, které se sami nespojí nežádoucím způsobem – zejména ve vibračních zásobnících
- ▶ Příklad součástek, které mohou vytvářet dvoj i více-článekové skupiny součástek



Zásady návrhu součástek pro automatizovanou montáž

- 3) Konstrukce součástek s příslušnou úpravou konců – orientace pružin a pružinových podložek způsobuje velké těžkosti
- ▶ Vytvoření naváděcích plošek na obou součástkách
 - ▶ Naváděcí plochy zmenšují plochu spoje (i pevnost u lisovaných spojů), proto je jejich velikost omezená
 - ▶ Do $\varnothing 18\text{mm}$ – sražení 2 x 45°
 - ▶ Do $\varnothing 30\text{mm}$ – sražení 3 x 45°
 - ▶ Do $\varnothing 50\text{mm}$ – sražení 4 x 45°

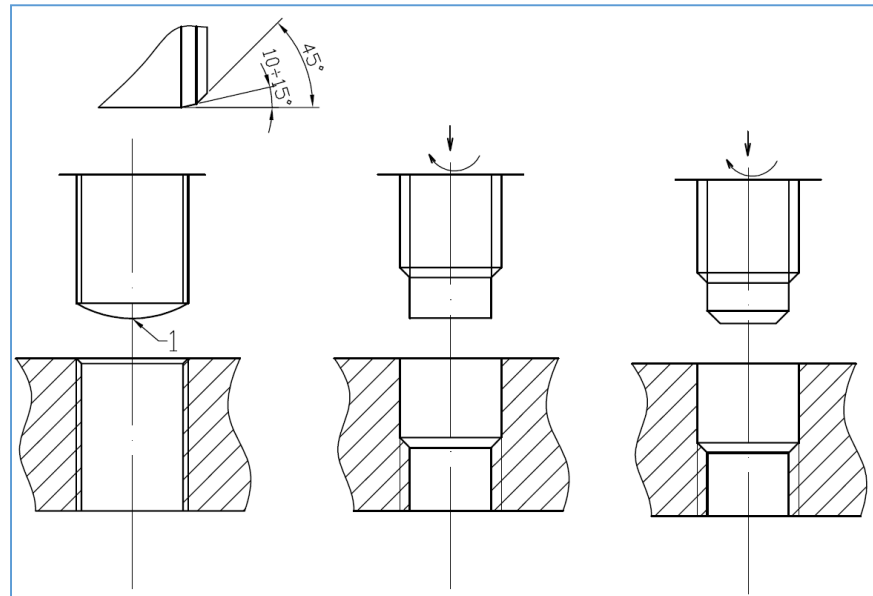


Viz Problémy s vkládáním součástí (slaid č.10)

Zásady návrhu součástek pro automatizovanou montáž

4) Úprava konstrukce závitových spojů:

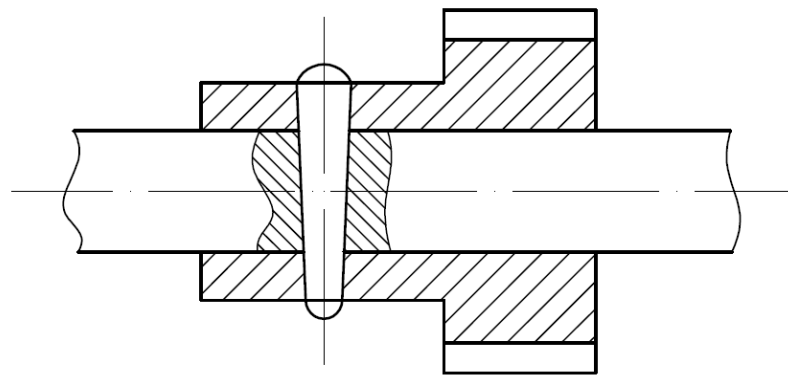
- ▶ Závitový spoj náročnější na montáž než lisovaný spoj (přímočarý a kruhový pohyb)
- ▶ Některé součástky se závity jsou špatně vyrobené, např. „zaválocovaný“ 1.závit
- ▶ Snížení zmetkovitosti: čelo závitu ve sférickém tvaru + otvor má sražení



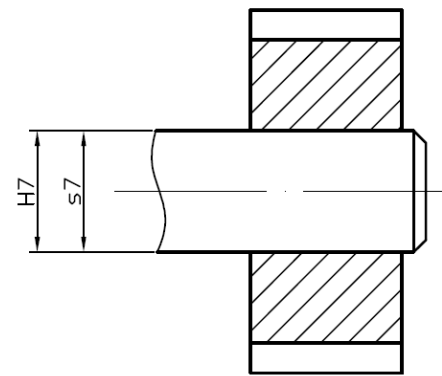
Zásady návrhu součástí pro automatizovanou montáž

5) Úprava konstrukce klínových a drážkových spojů:

- ▶ Nejvhodnější úprava = změna na spoje s kuželovým povrchem
- ▶ Spojování součástí s kuželovým povrchem, ze začátku se spojují se značnou vůlí (zlehčení montáže), poté dle míry zasunutí se vytváří přesah



Nevhodné řešení



Vhodné řešení

Zásady návrhu součástek pro automatizovanou montáž

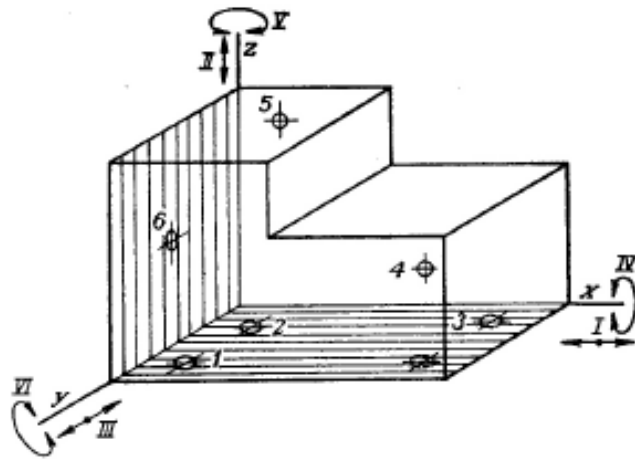
6) Správná konstrukce základních součástek pro jednoduché a spolehlivé ustavení na pracovní stůl:

- ▶ Nutnost jednoduchého a spolehlivého upnutí na pracovní stůl (automatu a automatizovaných linek)
- ▶ Základní plochy – správná funkce a stabilita montážních základů
- ▶ První krok je volba velkých ploch, které zabezpečují montovanému celku dobrou stabilitu
- ▶ Druhý krok je, že povrchy součástek musí být vyrobeny přesně a kvalitně.
- ▶ Odstranění zadržování a brzdění součástek ve skluzech je nutné, aby povrch součástek byl dostatečně hladký
- ▶ Tenké a malé součástky musí být suché, aby se nenalepovaly na stěny skluzu

Základní způsoby ustavení

Ustavení součástek v montážních pozicích (dle šesti bodů)

- ▶ Ustavovací plochy jsou volné
- ▶ Na ustavovací plochy se nemontují žádné jiné součástky
- ▶ Způsoby ustavení součástek musí zaručit, aby se výrobní odchylky rozměrů součástek v dovolených rozměrech co nejméně projevily na přesnosti polohy ustavení součástky



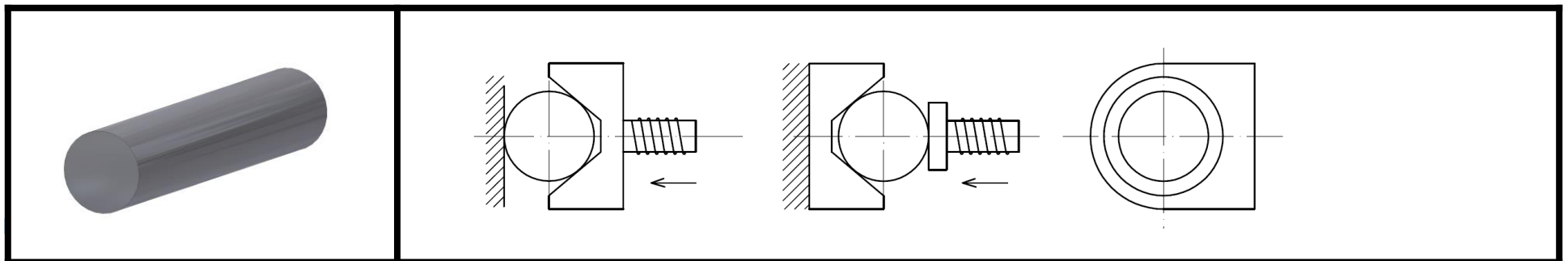
Součást – hmotné trojrozměrné těleso s hlavními rozměry ve směru tří hlavních os – x, y, z

Ustavit = omezit pohyb celkem v šesti stupních volnosti

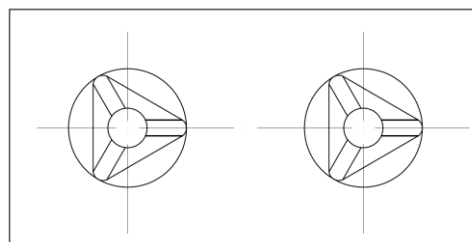
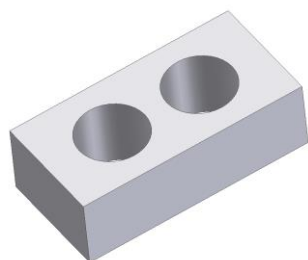
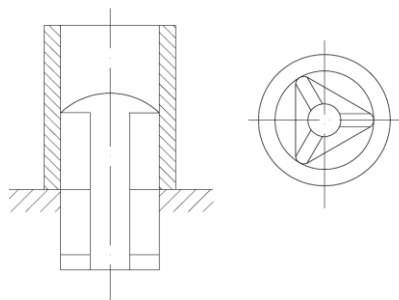
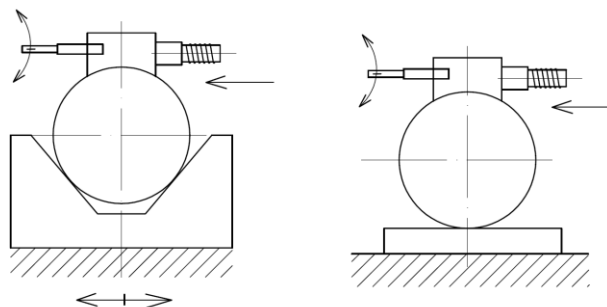
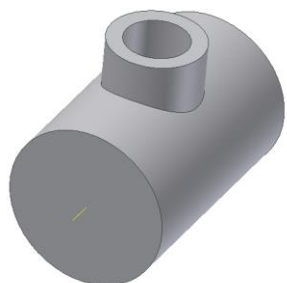
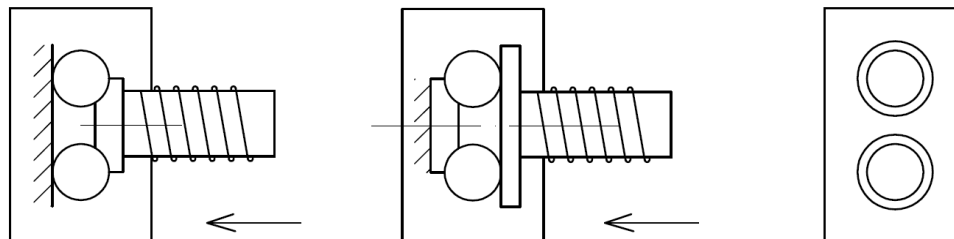
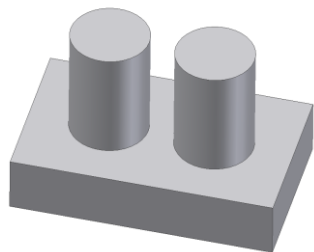
- tři posuvné pohyby – osy x, y a z
- tři rotační osy kolem x, y a z

Způsoby ustavení součástky:

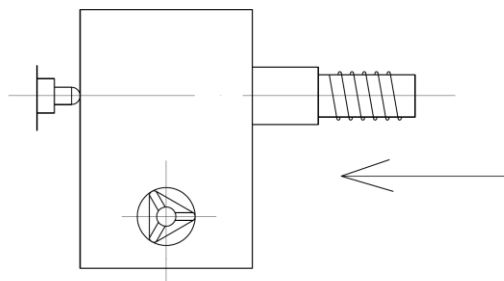
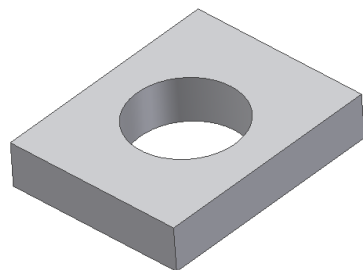
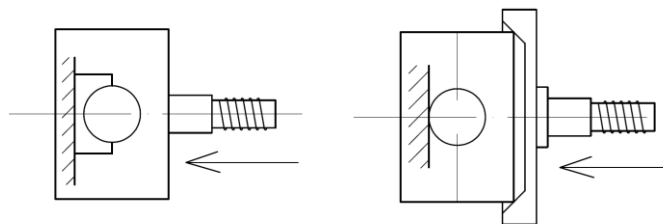
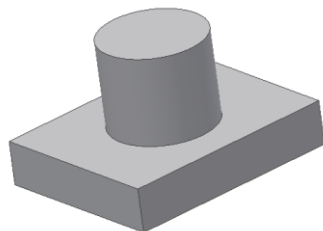
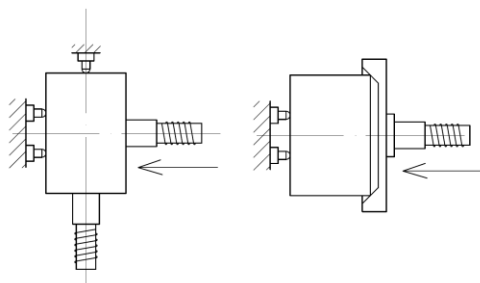
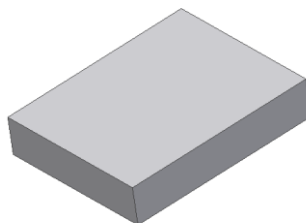
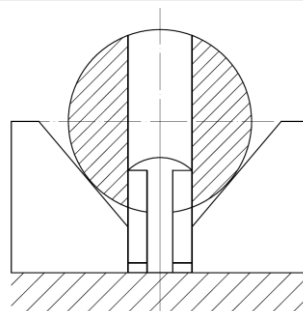
- ▶ Ustavení součástky na jednu vnější válcovou plochu anebo na obrys
- ▶ Ustavení součástky za dvě válcové plochy s $\parallel$ osami
- ▶ Ustavení součástky za dvě vnější válcové plochy s osami na sebe kolmými
- ▶ Ustavení součástky za jeden vnitřní otvor
- ▶ Ustavení součástky za dvě vnitřní válcové plochy s $\parallel$ osami
- ▶ Ustavení součástky za jednu vnější a jednu vnitřní válcovou plochu s osami $\perp$ na sebe
- ▶ Ustavení součástky za roviny
- ▶ Ustavení součástky za jednu rovinu a jednu válcovou vnější plochu
- ▶ Ustavení součástky za jednu rovinu a jednu vnitřní válcovou plochu



Způsoby ustavení součástky:

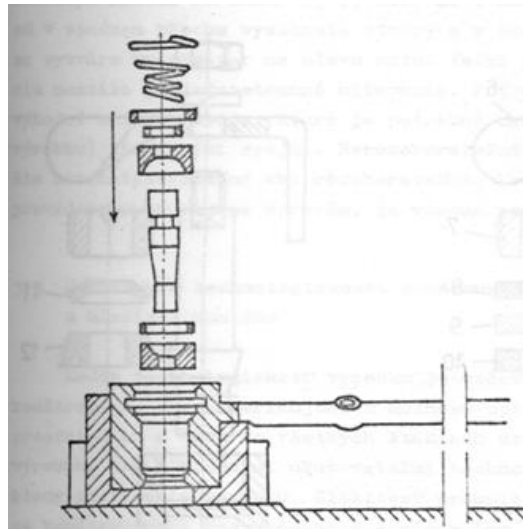


Způsoby ustavení součástky:



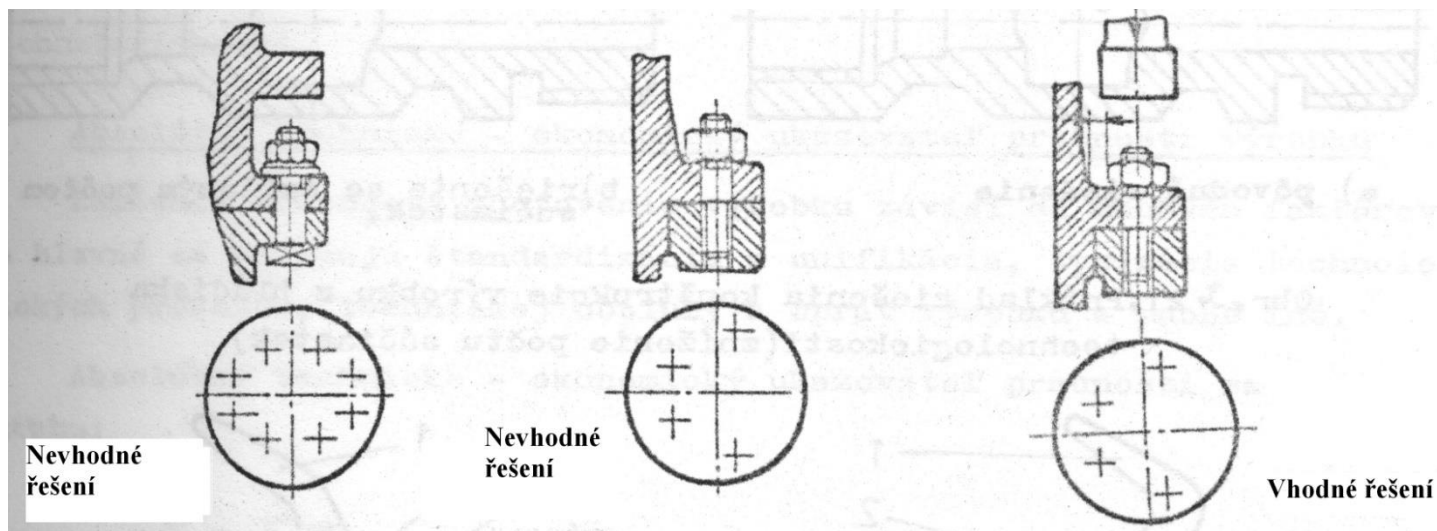
Technologičnost konstrukce výrobků z hlediska automatizované montáže

- ▶ Konstrukce výrobku taková, aby se při montáži součástky podávaly v **jednoduchých přímých drahách**
- ▶ Postupná montáž v jednom směru
- ▶ Montáž musí probíhat dle přesně stanovené posloupnosti
- ▶ Nevhodné jsou konstrukce výrobků, kdy probíhá montáž jednotlivých součástí po křivkových drahách
- ▶ Při navrhování konstrukce součásti dbát na to, aby předcházející montované součástky nepřekážely ustavování následujících



Technologičnost konstrukce výrobků z hlediska automatizované montáže

- ▶ Při navrhování konstrukce výrobku je nutné zohlednit **přístupnost** montážních nástrojů k místům spojů
- ▶ Přívod a odvod nástrojů je nejvýhodnější po přímých drahách
- ▶ Místo a poloha montážního spoje mají být dostupné pro montážní nástroj a rozměry pracovní zóny mají být dostatečně velké pro jeho volnou práci



Technologičnost konstrukce výrobků z hlediska automatizované montáže

- ▶ Konstrukce výrobku jako celku je nutné navrhnout tak, aby bylo možné realizovat montáž bez změny polohy základní součástky
- ▶ Nejvhodnější varianta: součást a montážní nástroje jsou přiváděny z jedné strany
- ▶ Nevhodná varianta: přístup montážních nástrojů z různých stran – dochází ke zvětšení pracovního prostoru montážních linek a též ke zvětšení rozestupů mezi jednotlivými montážními pozicemi
- ▶ Každá pře-orientace objektů montáže vyžaduje doplňující mechanismy
- ▶ Výrobky složitější konstrukce, jejichž montáž je velmi složitá se rozčleňují na samostatné skupiny (uzly)
- ▶ Možnost vzniku polo-automatizovaných anebo automatizovaných linek

Technologičnost konstrukce výrobků z hlediska automatizované montáže

- ▶ Využití v automobilové anebo elektrotechnické výrobě
- ▶ Základním požadavkem na výrobky, které jsou montovány na automatizovaných linkách je, aby nevznikla ani částečná potřeba předcházející montáže
- ▶ Nejjednodušším řešením automatizace montážního procesu je metoda úplné vzájemné vyměnitelnosti
- ▶ U automatizované montáže se musí též dbát na způsob spojování jednotlivých součástí
- ▶ Montáž šroubových spojů je vhodná pro automatizace, avšak je složitější než nýtování
- ▶ Nýtování též lze nahradit svařováním nebo pájením samozřejmě při zachování funkčních vlastností výrobku
- ▶ Nerozebíratelné spoje se dají lehčeji automatizovat

Technologičnost konstrukce výrobků z hlediska automatizované montáže

- ▶ Použití šroubových spojů:
 - ▶ Je nutné mít zásobník na šrouby, matice a podložky
 - ▶ Nutné přibrzďovat šroub, aby nevypadl z otvoru a neotáčel se během utahování matice
 - ▶ Výhodnější jsou závrtné šrouby, samořezné šrouby

Kroky během TK z hlediska montáže pro již navržený výrobek

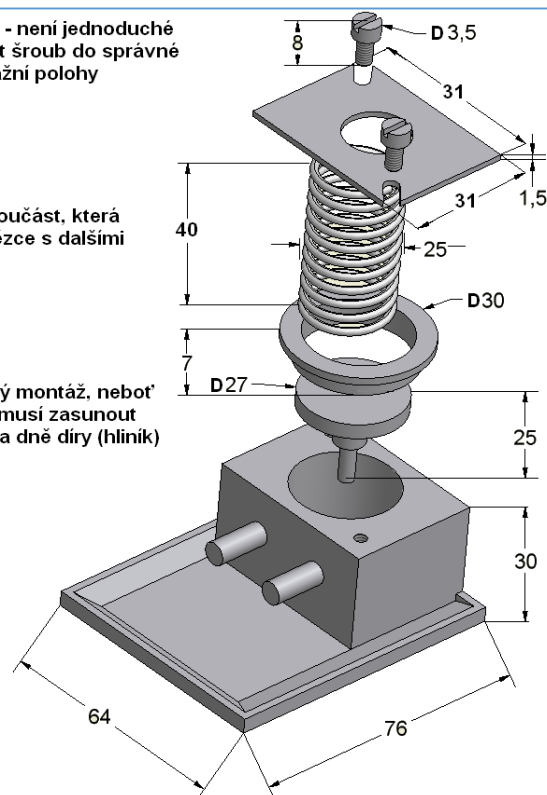
1. Obstarání podkladů
2. Demontáž a očíslování dílů
3. Zpětná montáž výrobku spolu s analýzou zaznamenanou ve formuláři
 - ▶ Formulář se začíná nejvyšším číslem dílu
 - ▶ Formulář se vyplňuje s pomocí tabulek
4. Vyhodnocení formuláře
 - ▶ Výpočet doby montáže
 - ▶ Výpočet „designového/konstrukčního“ indexu
5. Shromáždění nápadů (je čerpáno z archivu nápadů)
6. Přepřacování výrobku/překonstruování (v několika krocích)
7. Opětovné zhodnocení přepracované konstrukce (dle kroku 3 a 4) případně přepracování výrobku analogicky dle kroků 5 a 6
8. Nelezení „optimálního kompromisu“

Příklad č.1: původní → nové řešení

1 Šroub - není jednoduché umístit šroub do správné montážní polohy

3 Pružina - součást, která vytváří řetězce s dalšími pružinami

5 Pist - obtížný montáž, neboť hřídelka se musí zasunout do otvoru na dně díry (hliník)



2 Krytka - není jednoduché ji zarovnat, viz. šrouby a díry se závitem. Montážní pracovník si musí pomoci prsty

4 Zátka - má sražené hrany pro jednodušší navedení při montáži (plast)

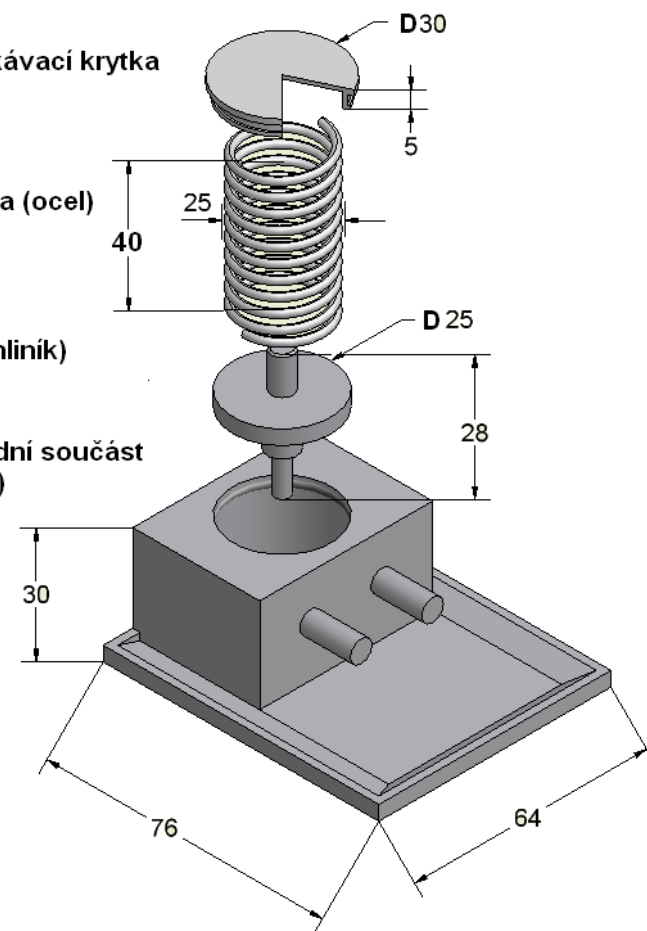
6 Základní součást - hloubka vrtaného otvoru je 28mm s dírou malého průměru pro hřídelku pistu (plast)

1 Zacvakávací krytka (plast)

2 Pružina (ocel)

3 Pist (hliník)

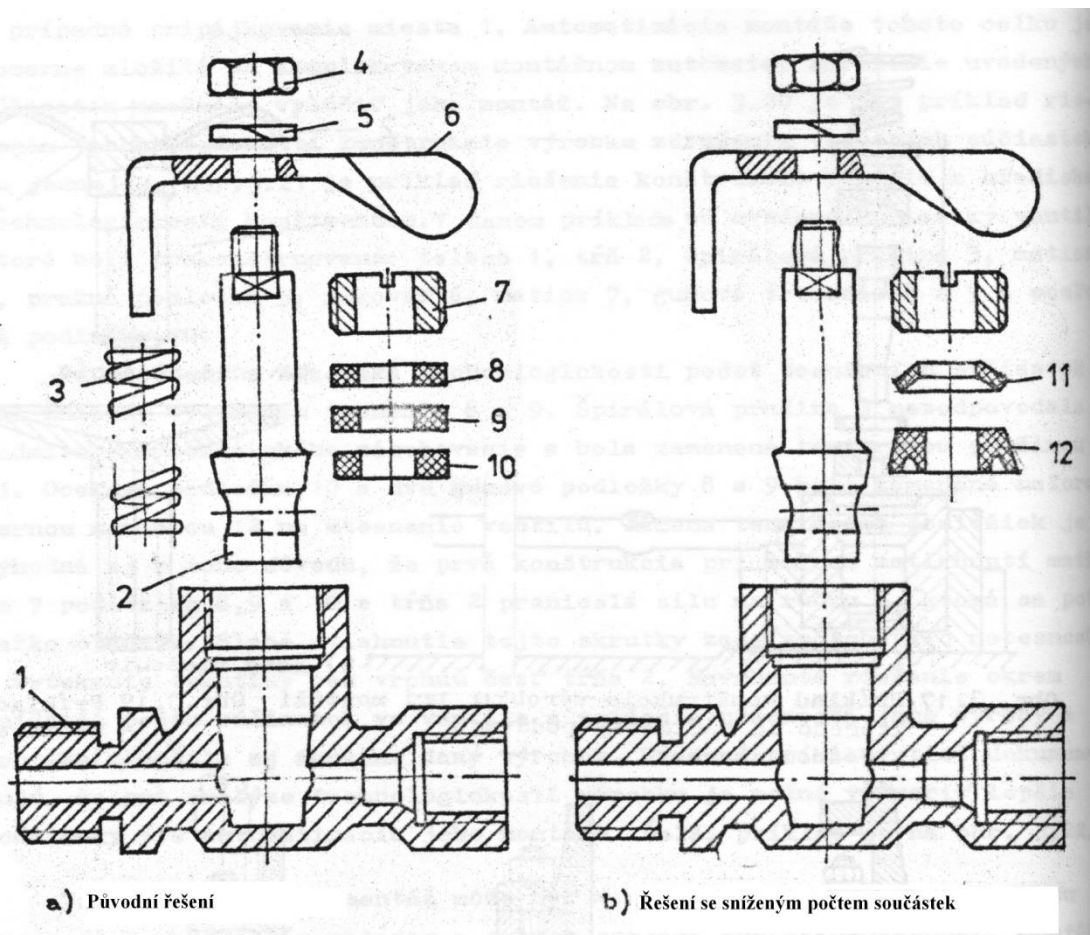
4 Základní součást (plast)



Příklad č.2: původní → nové řešení

Řešení konstrukce ventilu z hlediska technologičnosti

- 1) Těleso
- 2) Trn
- 3) Spirálová pružina
- 4) Matice
- 5) Pružná podložka
- 6) Rukověť
- 7) Matice
- 8) Gumové těsnění
- 9) Gumové těsnění
- 10) Ocelová podložka
- 11) Talířová pružina
- 12) Manžeta pro utěsnění ventilu



Montáž investičních celků a doprava

POV – plán organizace výstavby

- ▶ Stanoví časový a technologický plán výstavby ve vazbě na POM

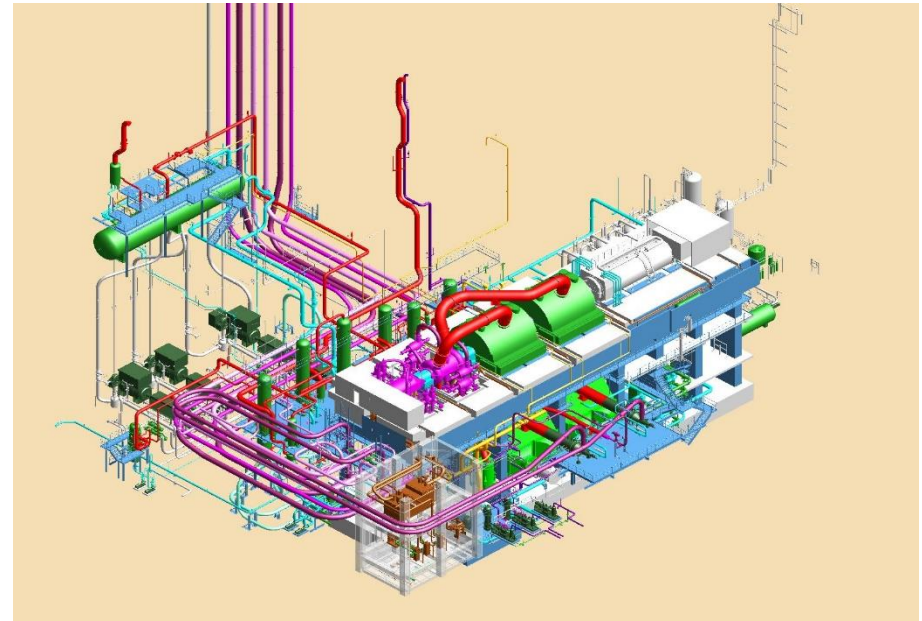
POM – plán organizace montáže

- ▶ Stanový časový plán a technologický postup montáže

POV a POM jsou výsledkem vzájemných technologických ,
dopravních , nákladových a časových potřeb investora, dopravce a
výrobce

Projektování investičních celků

- ▶ Dodávka nového zařízení do nové budovy
- ▶ Dodávka nového zařízení do původní budovy
- ▶ Dodávka částečně nového zařízení do původní budovy



Projektování investičních celků

► Nová budova

- Projektant optimalizuje proces výstavby budovy s procesem montáže zařízení
- Zařízení má optimální dispoziční uspořádání

► Původní budova, nové zařízení

- Projektant řeší konflikt mezi původní budovou a parametry nového zařízení

► Původní budova, částečně nové zařízení

- Projektant řeší především konflikt mezi původním a novým zařízením, částečně mezi novým zařízením a původní budovou

Vzájemné vazby

Jakákoliv investiční stavba z hlediska montáže a přepravy je ovlivněna:

- ▶ Výrobní schopností dodavatele
- ▶ Možností přepravy (přepravce)
- ▶ Dispozicí a manipulační schopností na stavbě (odběratel)

Uvedené 3 podmínky ovlivňují finální řešení

Vzájemné vazby

Dodavatel ovlivňuje výrobek:

- ▶ Rozměrem, který je schopen opracovat a smontovat
- ▶ Hmotností , kterou je schopen manipulovat
- ▶ Rozměrem, který je schopen expedovat

Je ovlivněn požadavky dopravce a odběratele

Vzájemné vazby

Přepravce je limitován:

- ▶ Dostupností lokality odběratele
- ▶ Velikostí výrobku nebo jeho části
- ▶ Dostupným druhem přepravy

Silniční doprava

- ▶ Nejpoužívanější
- ▶ Pro nadrozměrný náklad nutná prověrka trasy a schválení (platnost 3 měs.)

Vlaková

- ▶ Omezená mezinárodními předpisy
- ▶ Pro nadrozměrný náklad (menší než silniční) je nutná prověrka trasy

Lodní doprava

- ▶ Nejefektivnější, nejlevnější
- ▶ Je zpravidla závislá na silniční a vlakové dopravě (v Čechách) a v lokalitě výstavby

Letecká

- ▶ Zpravidla nejdražší
- ▶ Využívaná nouzově
- ▶ Limitovaná parametry letiště , silniční dopravou v lokalitě stavby

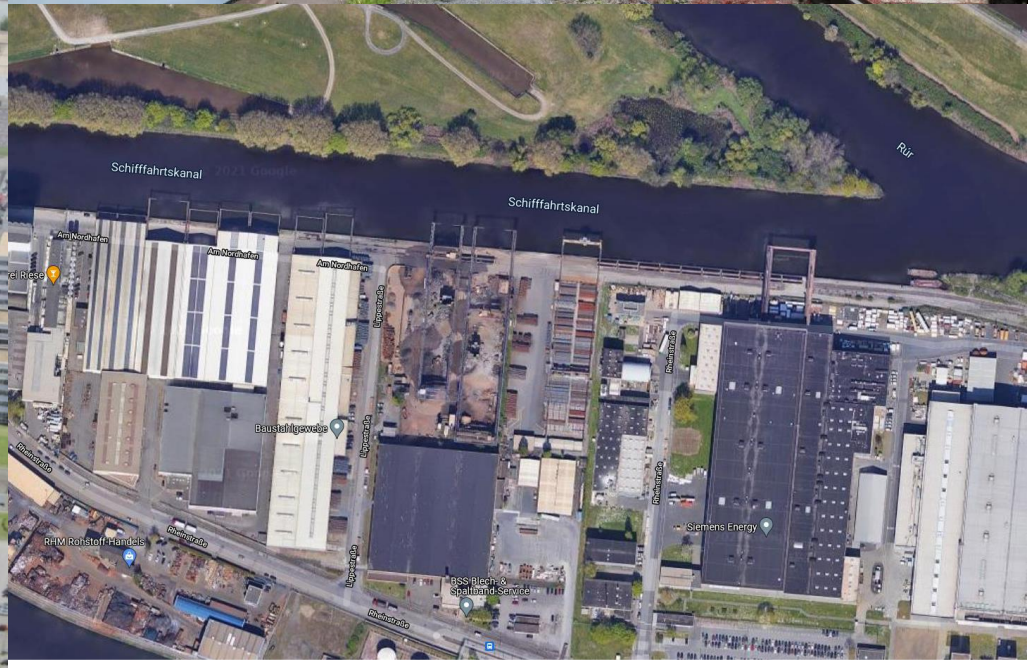
Příklad

Pro akci jako je výstavby elektrárny dochází:

- ▶ K novým investicím u výrobce
- ▶ Výstavbě nových silnic a mostů
- ▶ Stavbě nových železničních koridorů
- ▶ Výrobě nových přepravních prostředků (železniční a automobilová vozidla)



Příklad – Siemens Mulheim



Příklad – Siemens Mulheim



Šířka plavebního kanálu 62 m