

---

# **Aktuální trendy v automatizaci výrobních strojů**

Ing. Radomír Mendřický, Ph.D.

---



## Obsah prezentace

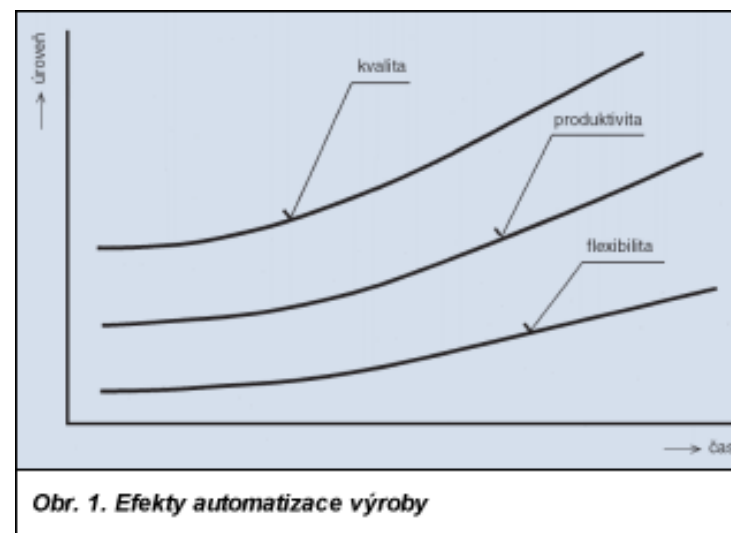
- Důvody automatizace
- Přínosy automatizace
- Požadavky kladené na obráběcí stroje
- Směry vývoje
- Aktuální globální trendy k dosažení vyšší konkurenceschopnosti
- Charakteristické znaky konstrukce CNC OS
- Příklady výroby složitých obrobků
- Trendy ve stavbě strojů a v technologii
- Ekologie, inteligentní funkce strojů
- Ukázková videa

# Důvody automatizace

**Automatizace obecně přináší tři základní efekty:**

- zvýšení kvality výrobků,
- zvýšení produktivity práce (výrobnosti),
- možnost zvýšení pružnosti (flexibility) výroby,

které jsou nezbytné pro zachování konkurenceschopnosti, jež je podmíněna pružným uspokojováním zákazníka kvalitními výrobky při jejich nerostoucí ceně.

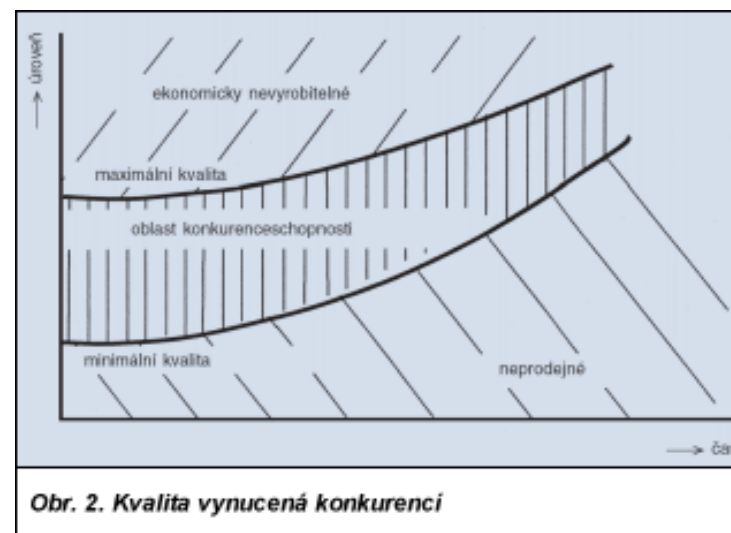


# Důvody automatizace

- zvláštní pozornost si vyžaduje zvyšování kvality

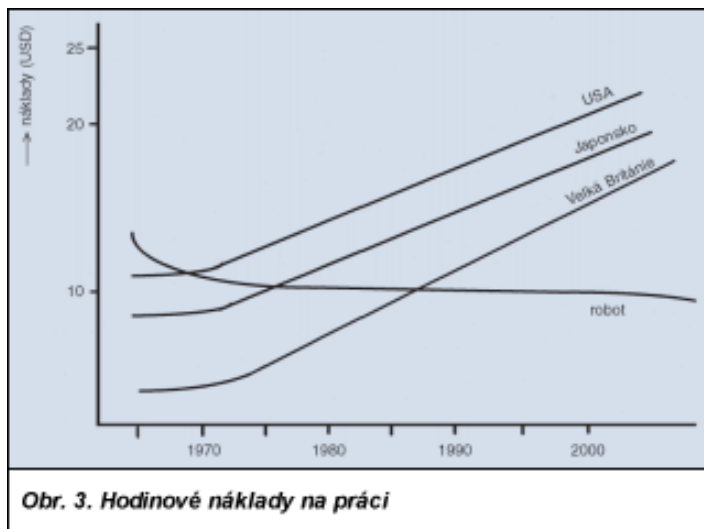
## Obrázek

- *kvalita minimální* - jestliže by kvalita poklesla pod tuto křivku, výrobky by se při dané ceně staly neprodejnými
- *kvalita maximální* je omezena tržní cenou výrobku, přičemž zvyšování kvality nad tuto křivku je sice (do určité míry) technicky možné, ale pouze při neúměrném zvyšování výrobních nákladů



# Důvody automatizace

- z ekonomického hlediska vystupují do popředí zejména hodinové náklady na pracovní sílu, které po celém světě rok od roku rostou
- mírně, ale trvale se snižují náklady na automatizovanou práci
- u lidské pracovní síly přistupují ještě její další negativní vlastnosti: nemocnost, omezená pracovní výkonnost, možnost vzniku chyb, neochota pracovat ve 2. a 3. směně, neschopnost pracovat v nepříjemném nebo nebezpečném prostředí, atd.



Nízká cena stroje není vždy primárním požadavkem  
⇒ hlavním kritériem úspěšnosti stroje a technologie je výsledná **cena výrobku**

**VÝKONNOST** – cena obrobku

**PŘESNOST** – kvalita obrobku

**EKOLOGIE** – finanční i nefinanční dopady na okolí

---

# Důvody automatizace

## Vynucená automatizace (nezáleží na investici)

- ochrana života a zdraví (extrémní podmínky, jedy ...)
- vyloučení lidského faktoru
- nemožnost nasazení lidské síly (vesmír, hlubiny, cévy ...)
- limit lidských smyslů (množství údajů, rychlost reakce)

## Ekonomická automatizace (zisk je nejdůležitější)

- snížení nákladů výrobních, režijních ...
- zvýšení produktivity, objemu výroby, kvality
- zkrácení doby vývoje a výroby
- pružná reakce na požadavky trhu

## Ostatní důvody

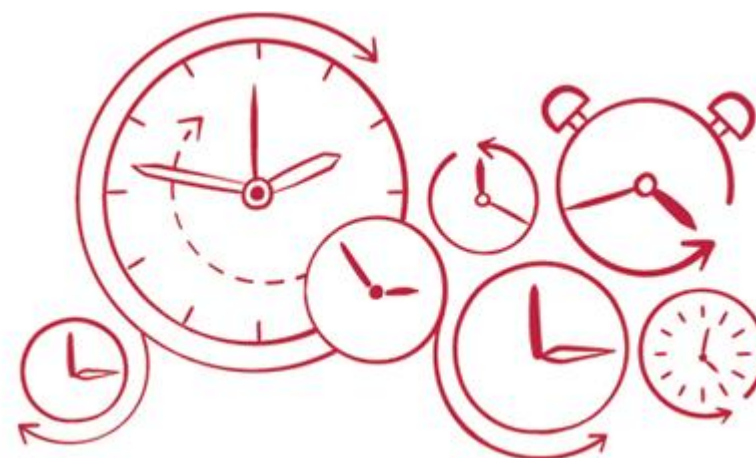
- zvyšování pohodlí člověka
- poskytování informací (sledování stavu zařízení, technologie)
- ekologie – monitorování prostředí, spalování ...
- zábavní průmysl, hračky



---

## Přínosy automatizace

- Zkrácení doby výroby a rychlá reakce na požadavky trhu
- Zvýšení jakosti, spolehlivosti a přesnosti
- Snížení výrobních nákladů
  - Lepší organizace výrobních procesů
  - Úspora materiálu, energií, ploch skladů a výroby
  - Snížení nákladů na nekvalitní produkci
  - Odstranění drahé lidské práce
  - Snížení mzdových nákladů
  - Využití levných sazeb energií (noční proud ...)
- Optimalizace výrobních nákladů
- Rychlé a přesné informace o výrobě



---

## Požadavky kladené na OS

- velký výrobní výkon (krátkodobý i dlouhodobý)
- vysoká přesnost práce
- spolehlivost (funkční i v kvalitě)
- hospodárnost (u výrobce i uživatele)
- nízká hlučnost
- velká životnost
- bezpečnost práce
- malá půdorysná plocha
- vzhled
- minimální tepelné deformace
- snadná obsluha a ovládání (přístupnost pracovního prostoru)
- vybavenost příslušenstvím



---

## Směry vývoje

- růst řezných výkonů
- růst posuvových a manipulačních rychlostí
- zvyšování statické a dynamické tuhosti
- zvyšování tepelné stálosti
- zvyšování bez-obslužnosti
- rozšiřování pružnosti a univerzálnosti
- konstrukce a využití spolehlivě pracujících uzlů a skupin
- použití aktivní kontroly
- použití technické diagnostiky
- uzpůsobení strojů pro použití v PVS
- stavebnicovost



---

## Aktuální globální trendy k dosažení vyšší konkurenceschopnosti:



- multifunkčnost strojů
- hledání cest a řešení pro zpřesňování strojů
- technologická zdatnost (zdokonalování technologie obrábění na vlastních strojích)
- hledání a řešení témat pro dosažení budoucí vysoké přidané hodnoty a konkurenceschopnosti: speciální funkce řízení, pokročilá diagnostika, CAM podpora, inteligence strojů (prokazatelné zlepšení využitelnosti strojů zákazníkem)
- optimální dimenzování skeletu strojů a pohonů, zjednodušení stavby
- ekodesign a především snižování energetické náročnosti
- zvyšování spolehlivosti a zvyšování disponibilního času



Co zákazník požadoval



Jak to vedoucí projektu pochopil



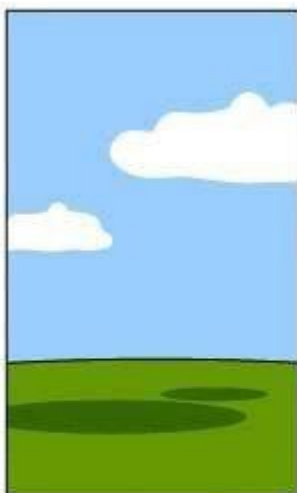
Co analytik navrhl



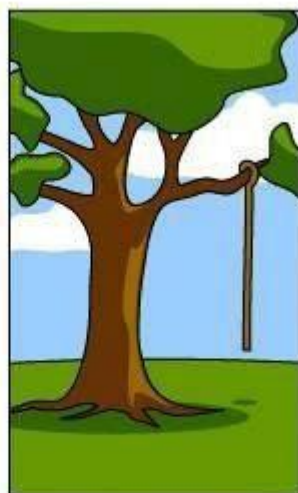
Co programátor naprogramoval



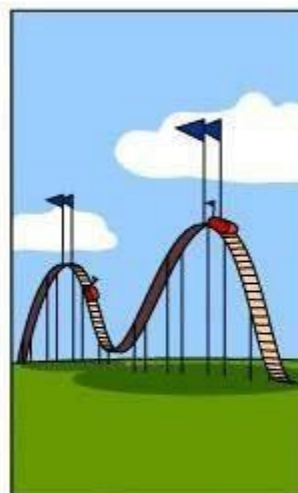
Co konzultant definoval



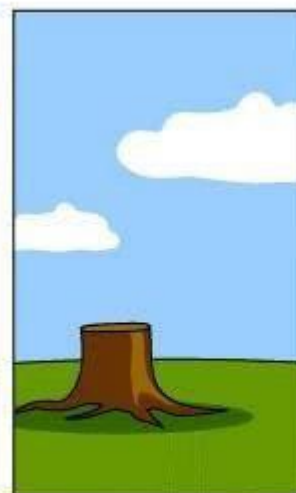
Jak byl projekt zdokumentovaný



Co bylo nainstalované



Co se klientovi fakturovalo



Jak byl projekt ošetřený



Co zákazník skutečně potřeboval

---

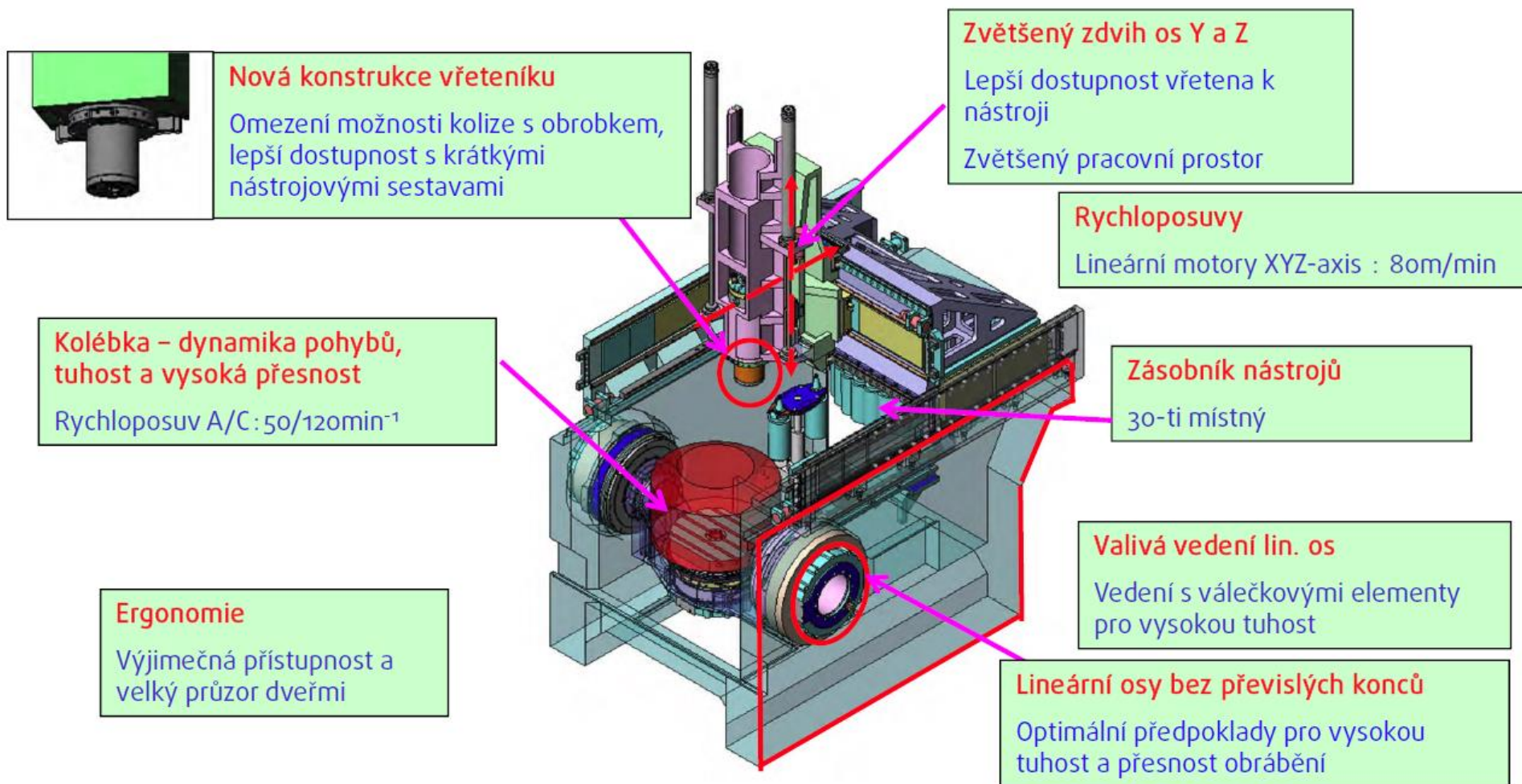
## Charakteristické znaky konstrukce CNC OS

- vysoká tuhost a přesnost provedení (šikmá, svislá lože, betonová lože)
- zdroje tepla jsou kompenzovány (neovlivňuje se přesnost práce stroje)
- nastavení optimální řezné rychlosti (plynulá změna otáček vřetena)
- nízké pasivní odpory přímočarých a kruhových vedení (valivá vedení a jejich vysoká životnost, nejsou zdrojem tepla)
- automatické polohování
- automatická výměna nástrojů
- automatická výměna obrobků (ne u všech)
- přizpůsobení stroje k automatickému odvodu třísek
- adaptivní řízení (ne u všech)
- technická diagnostika (monitorování stroje, nástroje, řezného procesu i obrobku – ne u všech)



# Charakteristické znaky konstrukce CNC OS

## Příklad: MAZAK HYPER VARIAXIS 630

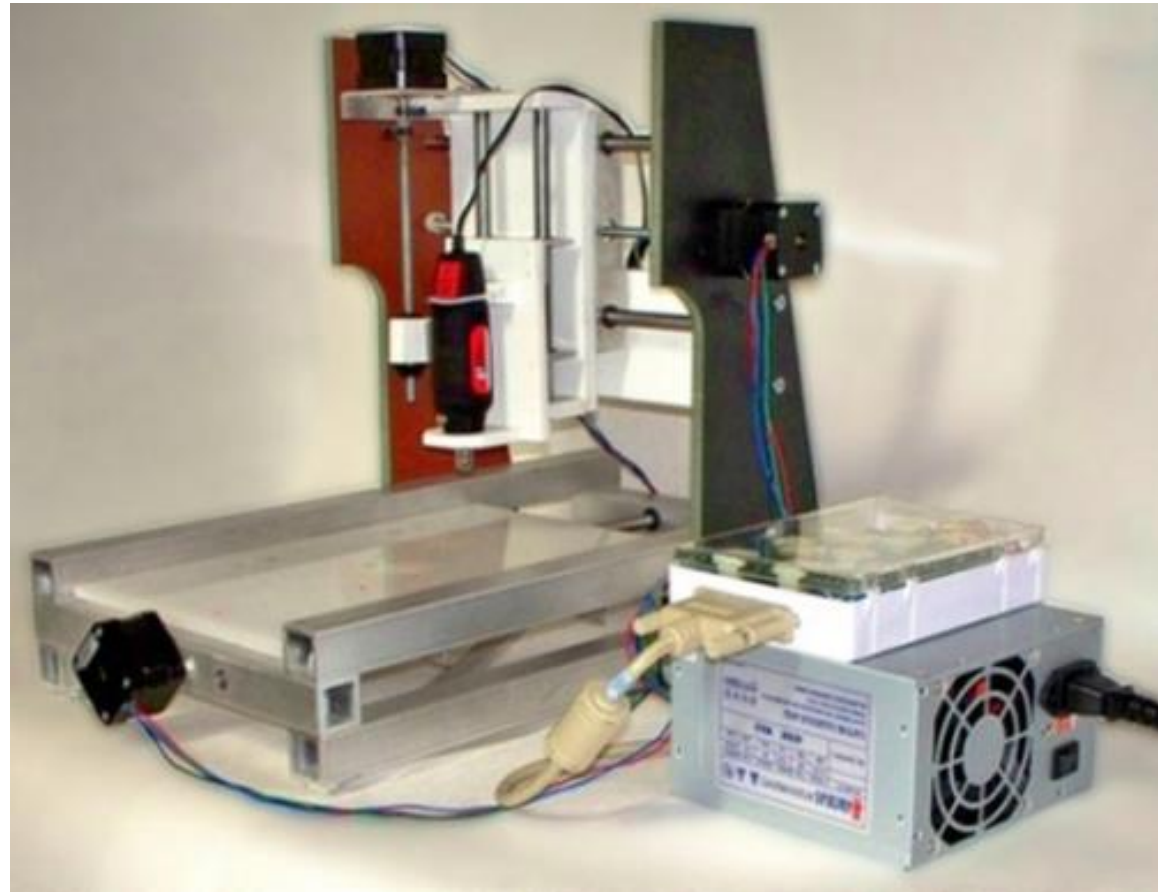




---

# Charakteristické znaky konstrukce CNC OS

Také jedna z možností 😊



---

# Výroba složitých obrobků = automatizace, CNC

## Příklady obrobků

- strukturální letecké díly
- lopatková kola a segmenty pro proudové motory a energetická zařízení
- kloubní náhrady
- formy, raznice, elektrody
- díly pro automobilový průmysl
- všeobecné strojírenství – velké díly

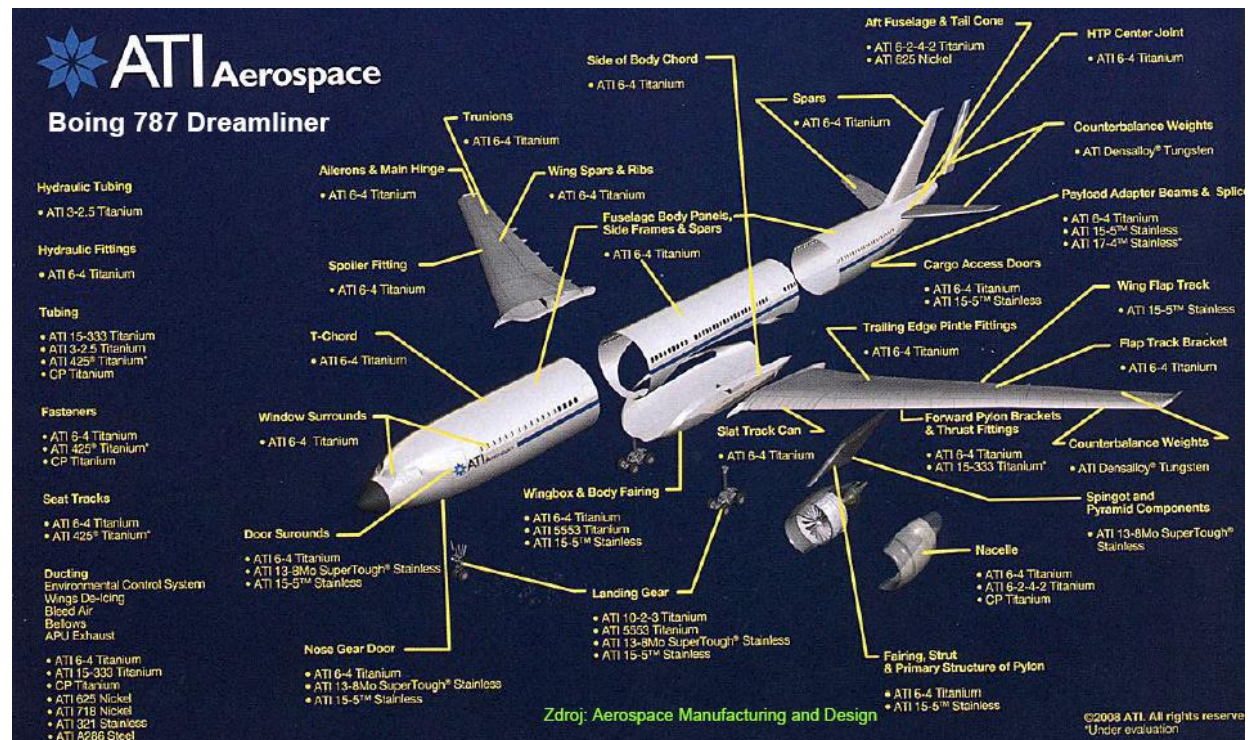


*Obecně: Konstruktéři dnes omezeni pouze fantazií, ne technologií*

# Příklady obrobků

## Strukturální letecké díly

- velký výběr materiálu => požadavek na ekonomičnost výroby
  - titanové slitiny, vláknové kompozity, vrstvené kompozity, slitiny hliníku, nerezové oceli
- => těžkoobrobitelné materiály

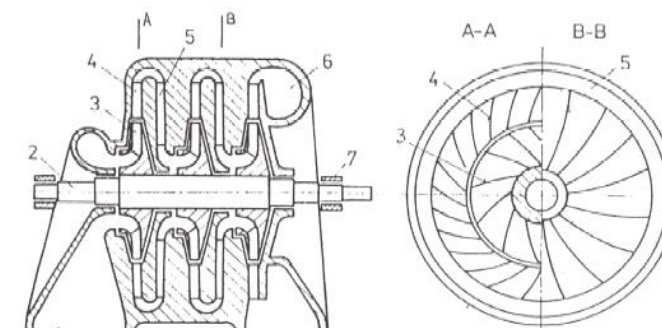
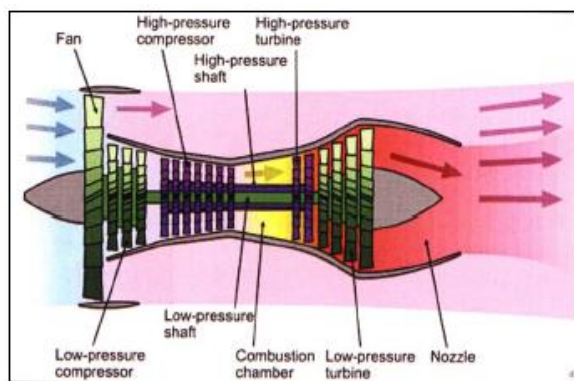
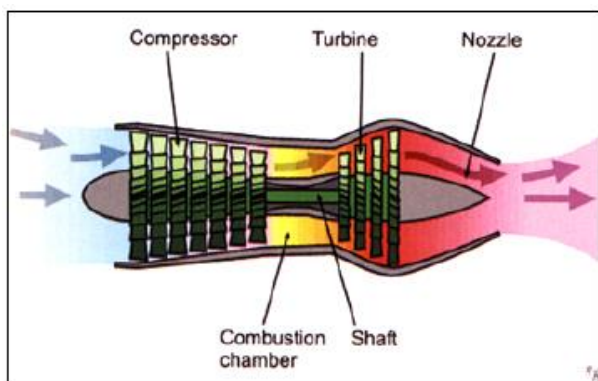
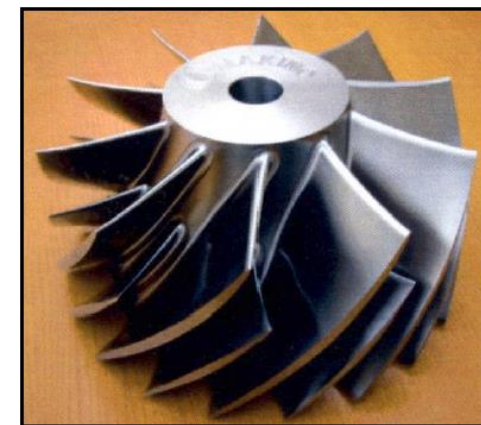




# Příklady obrobků

## Lopatková kola a segmenty pro proudové motory a energetická zařízení

- ohnuté lopatky -> lepší účinnost, nižší hlučnost
- titanové slitiny, žáruvzdorné oceli - těžko obrobitelné mat.
- díly všech velikostí náročné tvarem a přesností



Řez třístupňovým radiálním turbokompresorem

---

# Příklady obrobků

## Kloubní náhrady

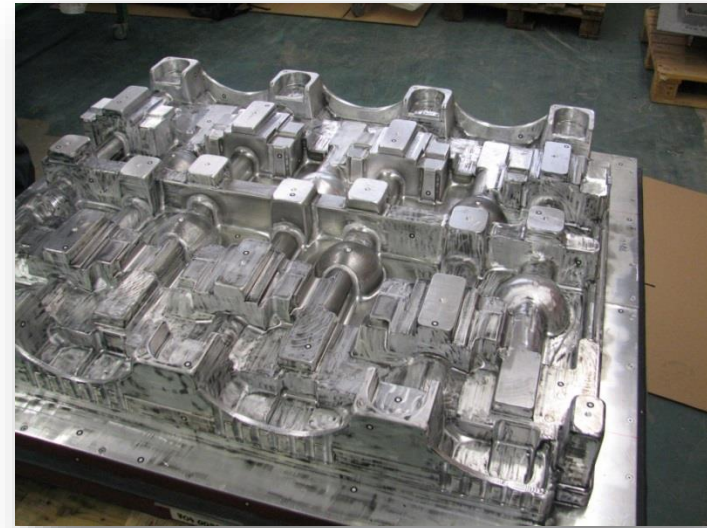
- titan, vysoce legované oceli
- tvarově náročné díly s požadavkem na velkou přesnost
- drobné obrobky



# Příklady obrobků

## Formy, raznice, elektrody

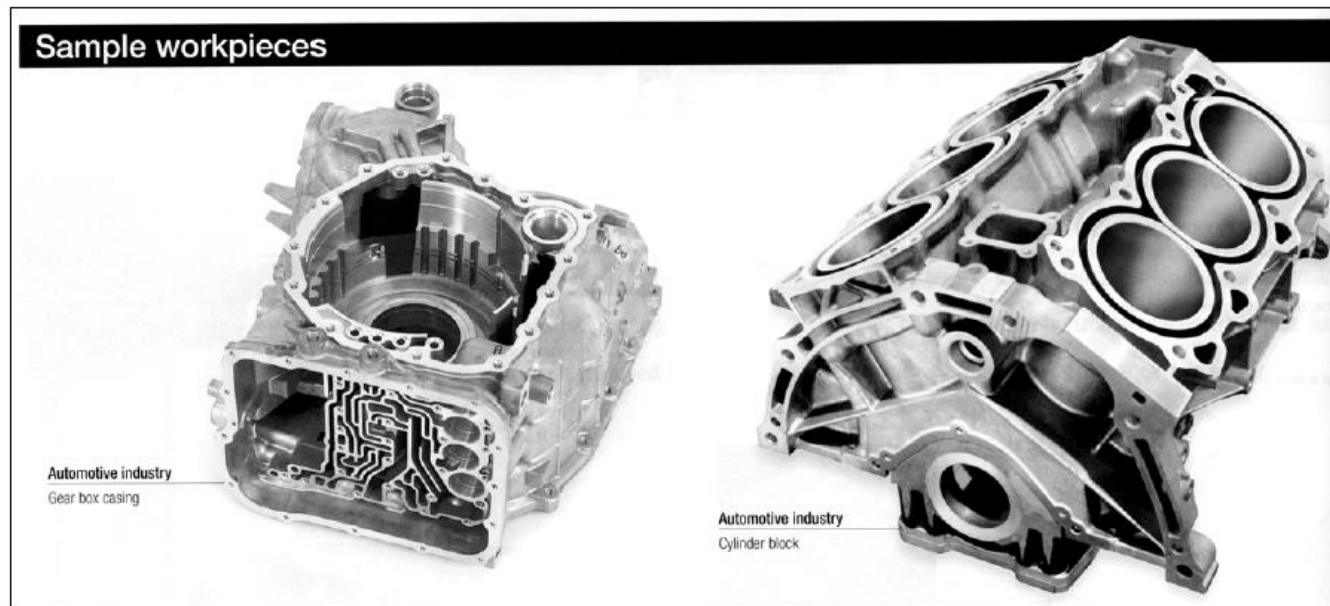
- formy – nástrojové oceli
- elektrody – měď, grafit
- tvarově náročné a přesné díly
- velké i drobné díly



# Příklady obrobků

## Díly pro automobilový průmysl

- Al slitiny, částečně i Mg a Ti slitiny
- litina s globulárním a červíčkovým grafitem
- obrábění odlitků => změny ve struktuře materiálu
- velký podíl osových operací => sdružené nástroje
- ekologie řezného procesu => suché a MQL (Minimal Quantities of Lubricant) obrábění





---

# Příklady obrobků

## Všeobecné strojírenství

- konstrukční oceli
- odlitky a svařence
- rozměrné díly (stavební stroje, petrochemie, rozměrné klikové hřídele – bruska aj.)



---

## Trendy ve stavbě strojů a v technologii

- 5 - osé obrábění (tvarová náročnost)
- kombinované technologie (např. s laserem)
- automatizace velkosériové výroby
- rychlá výměna nástrojů a obrobků
- rychlé nástrojové vybavení stroje
- zkrácení vedlejších časů
- růst objemu operací s velmi tvrdými nástroji (PCD, CBN)
- široké uplatnění SK
- povlaky (TiN, TiCN, AlTiN, TiB<sub>2</sub>)
- HSC (High Speed Cutting), HPC (High Performance Cutting), HFC (High Feed Cutting)
- antichatter řešení (nástroje se zvýšenou stabilitou)



cílem je vyrobit díl v požadované kvalitě s minimalizovanými náklady

# Intelligentní funkce na strojích MAZAK (s příchodem ŘS Matrix)

## Obráběcí stroje Mazak jsou nyní „INTELIGENTNÍMI STROJI“

Různorodost inteligentních funkcí poskytuje nesrovnatelnou podporu obsluhy výjimečným usnadněním ovládání pro neoptimálnější využití stroje.



ISS

### Prevence kolize stroje (Patentová přihláška) **INTELIGENTNÍ BEZPEČNOSTNÍ ŠTÍT**

Pokud obsluha ručně pohybuje osami stroje při seřizování nebo odměřování nástrojů, objeví se na obrazovce 3D model pracovního prostoru pro kontrolu kolize. Hrozí-li kolize, pohyb stroje se okamžitě zastaví. Tato funkce výrazně snižuje časy seřizování.



ITS

### Kompenzace teplotní roztažnosti (Patentová přihláška) **INTELIGENTNÍ TEPLOTNÍ ŠTÍT**

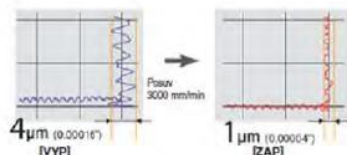
Vylepšený systém predikce vlivu tepla, který zahrnuje i řízení otáček, jeden z hlavních vlivů na rozměrovou nestálost vřeten, zaručuje vysoce přesnou kompenzaci odchylek způsobených teplem. Spojením vysoké přesnosti systému kompenzace vlivu tepla konstrukce stroje charakterizovaný symetrickým uspořádáním jednotek generujících teplo, je dlouhodobě zaručeno vysoce přesné obrábění.



AVC

### Redukce vibrací **AKTIVNÍ KONTROLA VIBRACÍ \***

Vibrace stroje způsobené rozběhem/zastavením pohybu os mohou značně ovlivnit přesnost a čas obrábění. AKTIVNÍ KONTROLA VIBRACÍ potlačuje vznik vibrací při velmi přesném polohování všech os a zkracuje čas obrábění. Tato funkce snímá vibrace břitu nástroje, napomáhá tak dosažení vysoké kvality obrábění a zároveň tato funkce zabraňuje nadměrnému opotřebování hrotu nástroje.



IBA

### Detekce a analýza nevyváženosti stolu (Patentová přihláška) \* **INTELIGENTNÍ ANALYZÁTOR VYVÁŽENÍ**

Pokud budou přípravky nebo polotovary upevněny na stůl stroje v nevyváženém stavu, bude to mít vliv na bezpečnost provozu stroje i na přesnost obrábění. Tato funkce analyzuje vyváženost hmot umístěných na stole a zobrazuje hmotnost a místo umístění protizávaží eliminující nevyvážený stav. Tyž systém automaticky zastaví otáčení stolu, detekuje-li nadměrné vibrace.



IPS

### Komplexní monitorování vřetena **INTELIGENTNÍ VŘETENO \***

Intelligentní vřeteno monitoruje pomocí čidel umístěných ve vřetenu řadu parametrů, včetně teploty, vibrací a změny rozměru a poskytuje obsluze užitečné informace. Pomocí těchto údajů lze předcházet porážím způsobeným vřetenem. Mimo to lze dosáhnout významného snížení ztrát ve výrobě způsobených prostojem stroje.



IMS

### Komplexní monitor údržby **INTELIGENTNÍ PODPORA ÚDRŽBY \***

Funkce INTELIGENTNÍ PODPORA ÚDRŽBY monitoruje stav polozek jako jsou filtry, stěračé křídla a sleduje periody údržby množství jednotek. Tyto údaje jsou užitečné pro stanovení programu preventivní údržby s cílem zabránit prostojům stroje. Pokud uplyne čas předepsané výměny polozek jako jsou filtry, je obsluha přes hlášení vyzvána k potvrzení, že úkon byl proveden.



MVA

### Systém hlasových zpráv (Patentová přihláška) **HLASOVÝ PORADCE MAZAK**

MAZATROL MATRIX slovy informuje, které ovládací prvky byly aktivovány a upozorňuje obsluhu na opatnost při ručním ovládání. Tato funkce přispívá ke snížení chyb obsluhy. Když například obsluha zvolí přepínačem osu B, systém ohlásí „Byla zvolena osa B. Dejte pozor na kolizi stroje“. Pokud je třeba doplnit mazací prostředky, funkce ohlásí „Prosím doplňte mazací prostředek“. Při překročení životnosti nástroje systém tuto skutečnost hlasově ohlásí „Životnost nástroje překročena“.



\* Přítomnost inteligentních funkcí se liší podle modelu stroje

---

# Design

- Úroveň designu novinek na mezinárodním strojírenském veletrhu EMO potvrzuje rostoucí **význam Designu** ve vývoji strojů
- Design napomáhá
  - jednotné úrovni vizuální komunikace firmy na trhu
  - upevnění pozice výrobce na trhu
  - zvýšení konkurenceschopnosti výrobce
- Specifická role designu strojů
  - utváření pracovního prostředí obsluhy
  - zvyšování produktivity obsluhy vhodným uspořádáním pracovišť<sup>č+ž</sup>
- Trendy
  - nekonvenční materiály
  - využití LED osvětlení
  - velkoplošná zasklení





---

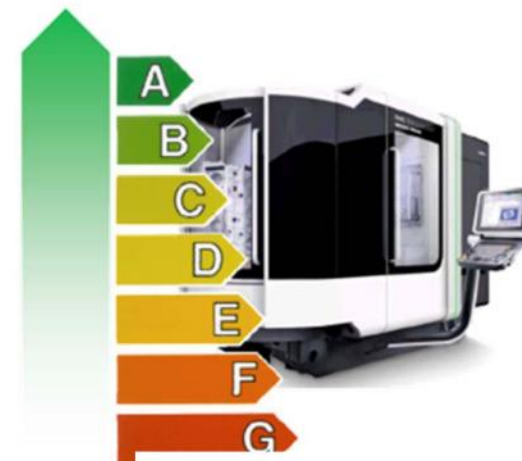
# EcoDesign (energetická náročnost)

## Důvody:

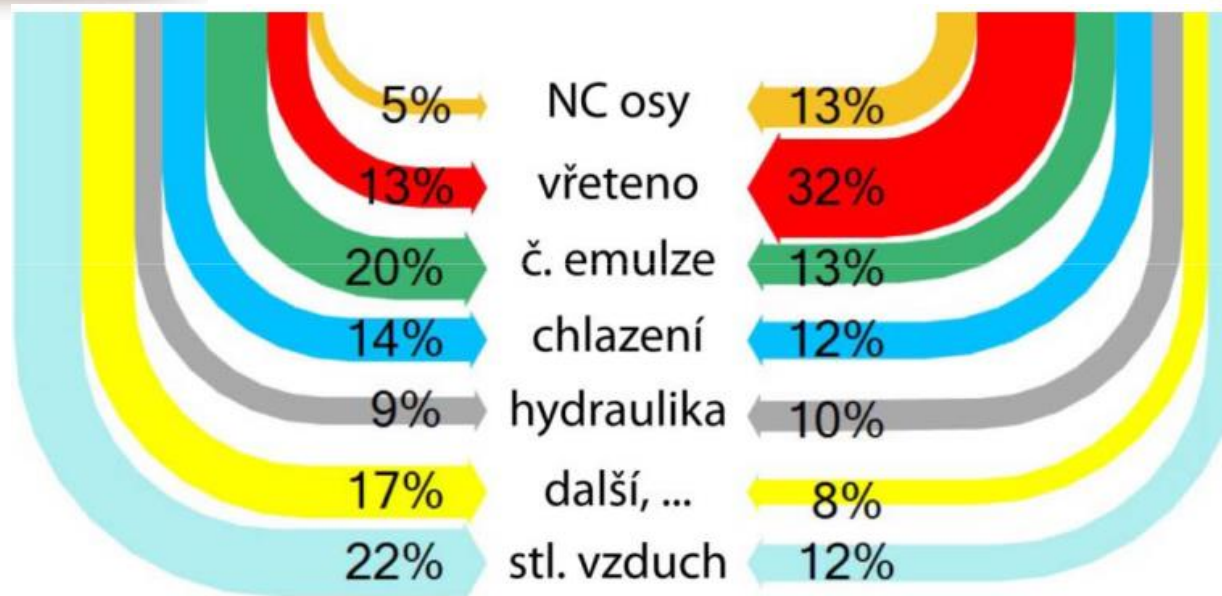
- Ceny energií a tlak na ekonomiku provozu
- Vznikající evropská legislativa, standard ISO 14955
- Prezentace před zákazníky

## Většina výrobců inzeruje nějaký druh úsporných opatření:

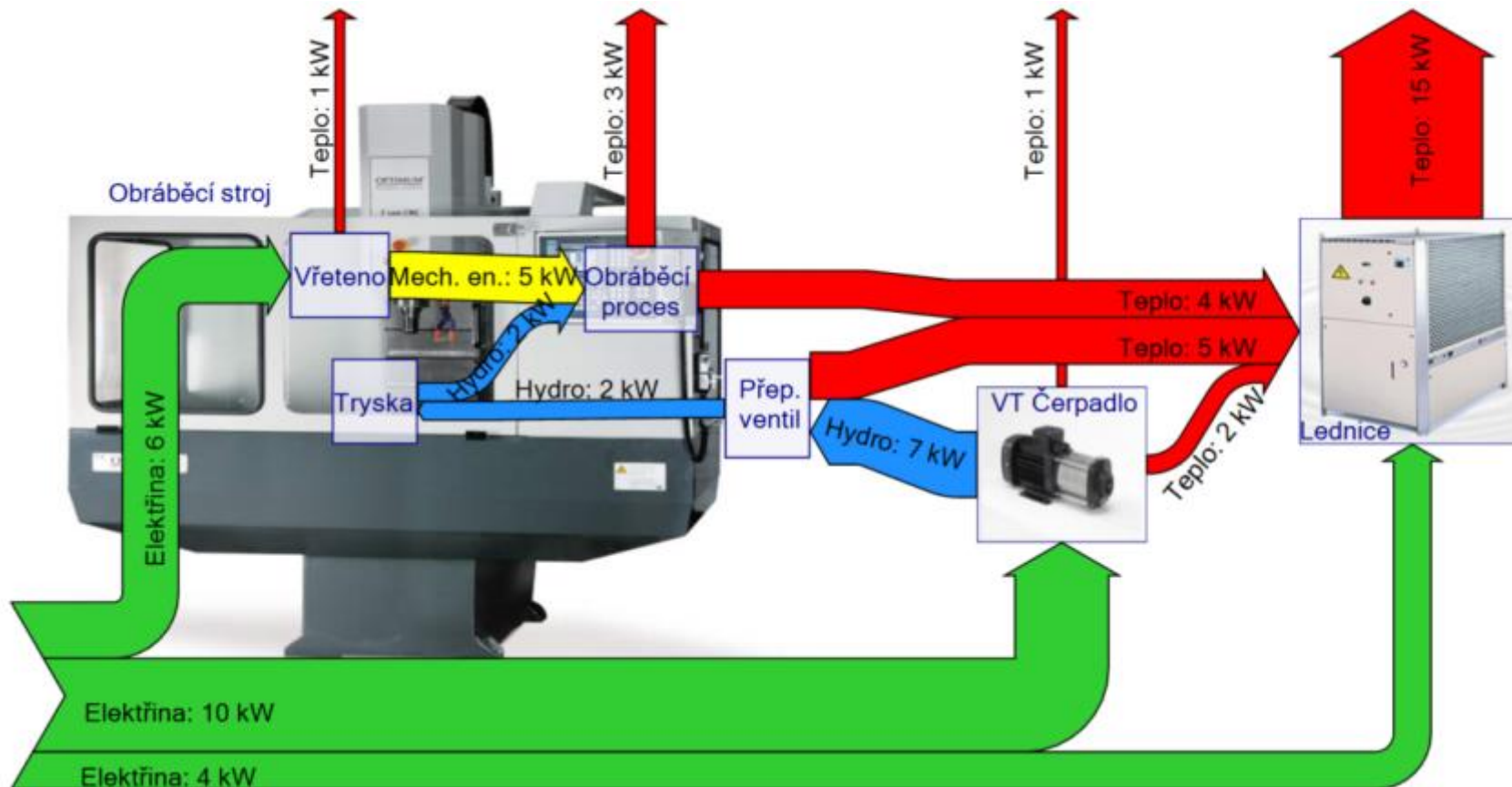
- Nosná struktura umožňují efektivní obrábění
- Účinné hlavní pohony (dimenzování a řízení)
- Účinné a říditelné periferie (hydraulika, chlazení stroje, chlazení řezu apod.)
- Hibernační režimy stroje



# EcoDesign (energetická náročnost)



# EcoDesign (energetická náročnost)



# Ekologická témata

## Energetická efektivnost

Snížení spotřeby elektrické energie

Vysoce úsporné motory vřeten

Vysoce úsporná hydraulická zařízení

Vysoce úsporná LED osvětlení pracovního prostoru s čidly a automatické vypínání obrazovky

Vysoce účinný systém chlazení vřeten

Nasazení vysoce úsporných lineárních vedení a lineárních vedení s válečky



## Ochrana prostředí

Snížení spotřeby maziv

## Prodloužená životnost chladících medií

Automatické vypínání dopravníků třísek dle přednastavených časů, pokud je stroj v pohotovostním režimu

Nižší průřezy měděných vodičů použitím vysokonapěťových servomotorů (400 V)

Snížená spotřeba stlačeného vzduchu ložisek vřeten a vzduchových mazacích systémů

---

## Ukázková videa automatizace

- Robotizované pracoviště prezentované na MSV 2013 v Brně  
Robot Fanuc M-20iA + Okuma LB3000EX II + Brother TC-R2B + měřicí přístroj Zeiss DuraMax

*<http://www.misan.cz/automatizace/katalog-detail/robot-s-vice-stroji-robot-s-vice-stroji/>*

- Frézování a soustružení na Brother M140X1
- NonStop ATC - redukce času výměny nástroje tříska - tříska

*<http://www.misan.cz/brother/obsah-kategorie/brother/produkty//>*

---

# Literatura

[1] <https://www.mazakeu.com>

[2] KOLEKTIV AUTORŮ. *Obráběcí stroje na EMO Hannover 2013*. Praha: Společnost pro obráběcí stroje, 2014. ISBN 978-80-904077-5-6.