



**EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI**



**TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA
STROJÍRENSKÁ VÝROBNÍ TECHNIKA**



STRATEGICKÁ VÝZKUMNÁ AGENDA OBORU STROJÍRENSKÁ VÝROBNÍ TECHNIKA

pro období 2015-2020

Celkový obsah:

1.část - Strategie oboru „Obráběcí stroje“ pro období 2015-2020

Obsah :

1. Způsob zpracování strategie	5
2. Cíl strategie	6
3. Strategie oboru	11
4. Uspořádání možností a nástrojů pro zvyšování užitečných vlastností strojů podle priorit	23
5. Perspektivní techniky a technologie budoucnosti	30

2. část - Strategie oboru „Tvářecí stroje“ pro období 2015-2020

Obsah:

1. Způsob zpracování strategie	40
2. Cíl strategie	41
3. Strategie oboru	42
4. Závěr	50



**EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI**



**TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA
STROJÍRENSKÁ VÝROBNÍ TECHNIKA**



Strategie oboru „Obráběcí stroje“ pro období 2015-2020

Obsah :

1. Způsob zpracování strategie	5
2. Cíl strategie	6
3. Strategie oboru	11
4. Uspořádání možností a nástrojů pro zvyšování užitečných vlastností strojů podle priorit	23
5. Perspektivní techniky a technologie budoucnosti	30

1. Způsob zpracování strategie

- Zpracovalo VCSVTT ve spolupráci s odborníky z podniků SST, SpOS a vysokých škol. Celkem se podílelo na tvorbě a aktualizaci strategie 67 odborníků.
- Strategie byla zpracována metodou Delfy s využitím názorů 45 expertů. Dotazníkový formulář pro shromáždění názorů expertů z oboru byl nejprve s těmito odborníky sestaven a teprve následně vyplňován a vyhodnocován. Aktualizaci provádělo 22 expertů formou připomínkování výchozího dokumentu. Následně dokument připomínkovalo 10 oponentů z výzkumných organizací a podniků. Připomínky oponentů byly zapracovány do výsledného dokumentu.
- SVA oboru strojírenská výrobní technika vznikla v roce 2009. Aby byl dokument použitelným zdrojem témat výzkumu a vývoje pro zajištění konkurenceschopnosti českého průmyslu výrobní techniky, byla v roce 2013 a 2014 provedena revize vzhledem k aktuálním trendům v oborovém výzkumu a vývoji. Hlavním zdrojem nových informací byla světová výstava EMO Hannover 2011 a 2013 a lednové a srpnové zasedání Mezinárodní akademie výrobního inženýrství CIRP. Dále jsou zohledněny informace z konferencí Wiener Produktionstechnik Kongress 2012 a High Speed Machinig Conference 2013 a veletrhů AMB Stuttgart 2012 a JEC Show Paris 2013 a mnoha dalších konferencí, výstava kolokvií.

2. Cíl strategie

Tento dokument je zpracován na podporu co nejefektivnějšího zaměření výzkumných, vývojových a inovačních projektů a záměrů, řešených v letech 2015 – 2020 v sektoru strojírenské výrobní techniky v oboru obráběcích strojů s

cílem:

1. dosáhnout co největšího **zvýšení užitných vlastností** těchto strojů a technologií pro uživatele;
2. dosáhnout co **nejvyšší přidané hodnoty** nabízených **strojů a služeb** ze strany výrobců strojů a dodavatelů oboru;
3. a dosáhnout především **zvýšení konkurenceschopnosti** produktů oboru strojírenské výrobní techniky produkované v ČR na světovém trhu.

Strategie je zaměřena především na **podporu oboru v České republice**.

Je nutné uvést, že **vyšší užité vlastnosti nejsou vždy zcela totožné s konkurenceschopností**.

Konkurenceschopnost znamená **schopnost prosadit se v oboru strojírenské výrobní techniky** (Machine Tools) v produkci a prodeji výrobních strojů, jejich příslušenství a souvisejících služeb **na světovém trhu** (pro odvětví Machine Tools existuje pouze jeden globální světový trh) v porovnání s ostatními konkurenty tak, **aby podíl produkce a prodeje ČR na světové produkci ideálně rostl**, nebo zůstal zachován. Konkurenceschopnost vyvíjených strojů, nástrojů a technologií je zpravidla velmi složitým kompromisem, závislým na objektivním vyhodnocení požadavků zákazníků, postupu a výsledků konkurenčních firem a očekávaného vývoje budoucí tržní situace a uplatnění vyšších užitných vlastností strojů v tomto hodnocení. **Vyšší užité vlastnosti strojů a technologií jsou však nutnou podmínkou vyšší konkurenceschopnosti**.

Tento materiál hovoří pouze o všeobecné strategii oboru obráběcích strojů, obráběcích technologií a technologií blízkých těmto uvedeným. Aplikace uvedené strategie na jednotlivé typové skupiny strojů, nástrojů a technologií bude již záležitostí podniků a spolupracujících oborových výzkumných organizací v rámci řešení konkrétních projektů a při tvorbě vlastních podnikových strategií a plánů technického rozvoje. Při této aktivitě je připravena TP-SVT podnikům odborně i formálně pomáhat.

Základní faktory ovlivňující konkurenceschopnost:

1) Požadavky zákazníka a jejich pochopení

Pro správné krátkodobé i dlouhodobé orientování výzkumu, vývoje a inovací strojů a souvisejících technologií a služeb je významné porozumět potřebám uživatelů těchto výrobních prostředků a porozumět úkolům, které plní. Z tohoto pohledu je velmi důležité kontinuálně diskutovat svou nabídku se zákazníky a je třeba být kritický ke své nabídce. Pro plnohodnotné pochopení požadavků a potřeb zákazníků je nezbytné dostat se při řešení zakázek a aplikaci strojů až přímo do výrobního procesu zákazníka. V tomto ohledu jsou oborové podniky velmi dobře obchodně situované, neboť téměř veškerý svůj prodej realizují napřímo koncovým zákazníkům a oddělení aplikačních technologií a technické úseky jsou v přímém kontaktu se zákazníkem při sjednávání zakázek i při předávání oživené technologie na půdě zákazníka. Tato přímá účast obchodníků, techniků a technologů na půdě výrobních závodů svých zákazníků a možnost bezprostředně řešit požadavky zákazníků jsou nejlepším možným zdrojem zpětné vazby pro správnou a relevantní identifikaci požadavků zákazníků a pro pochopení jejich problémů. Tím, že obchod a dodávky strojů a technologií nejsou řešeny přes další dodavatele (případně jen kontrahování, nikoli technické a technologické řešení), mají podniky vynikající přehled o požadavcích stávajících zákazníků nebo zákazníků jim blízkých ze stejného teritoria nebo ze stejného odběratelského odvětví.

2) Nabídka konkurence, technická, časová, servisní atd.

Stroje a technologie oborových podniků jsou na trhu uplatňovány ve velmi tvrdém konkurenčním prostředí. Získávání podrobných a věcně relevantních informací o nabídce konkurence je velmi problematické a náročné. Mezi základní zdroje takovýchto informací patří jednak jednání se zákazníky, kteří užívají konkurenční produkty, a druhým způsobem je podrobná analýza konkurenční nabídky na světových výstavách a veletrzích. Oborové podniky mají pravidelně zastoupení na všech významných světových výstavách a veletrzích a také na ně vysílají své technické ředitele a vedoucí vývojové pracovníky a technology, aby informace o nabídce konkurentů shromažďovali.

Je třeba zdůraznit, že pro úspěch a zajištění konkurenceschopnosti na dnešním globálním trhu se strojírenskou výrobní technikou a technologií nehrají roli jen technické parametry, ale velmi významné jsou také parametry rychlosti dodávky, zajištění komplexního servisu, technologické podpory a seřizování, garantované doby disponibilního času strojů, resp. spolehlivosti, záruční lhůty a šíře záručního krytí a v neposlední řadě také nabízené finanční a leasingové služby v souvislosti s nákupem výrobních technologií.

3) Aktuální a očekávaná tržní situace. Podpora obchodu

Dalším významným faktorem ovlivňujícím konkurenceschopnost je přirozeně globální i regionální tržní situace. Strojírenská výrobní technika je základem pro výrobu ve všech odvětvích všeobecného strojírenství a poskytuje mateřské stroje pro veškeré zpracování kovů, plastů a kompozitních materiálů. Všechny oborové podniky mají značně diverzifikované portfolio z hlediska odběratelských odvětví i z hlediska geografických teritorií. Tedy lokální propady trhů v jednotlivých oborových segmentech nebo v dílčích teritoriích nejsou pro tyto podniky vždy zásadním problémem a dokáží se s nimi vyrovnávat pomocí substitucí a intenzivnějšího prodeje v jiných segmentech a teritoriích. Na celkový odbyt a tržby podniků však má významný vliv globální ekonomická situace a celkové propady výroby a produkce na světových trzích. Aby firmy dokázaly překonávat období hospodářské deprese, musí uplatňovat dva základní nástroje. Jednak usilují o schopnost nabízet a poskytovat nejen hlavní produkt (výrobní stroje), ale i služby a doplňkovou výrobu, které jsou méně vázané na dopady globální recese. Druhým nástrojem je neustálá práce s aktuálními statistickými a prognostickými informacemi, které sledují trendy, tržní situaci a potenciál.

Dále je třeba zmínit také vliv podpory obchodu na konkurenceschopnost. Na některých trzích dochází dlouhodobě, anebo přechodně, k ovlivňování obchodu s vybranou komoditou, tedy například i se strojírenskou výrobní technikou ze strany vlád a je tedy ovlivňováno politickými rozhodnutími. V některých případech je takovéto politické moderování trhu pozitivní v jiných případech negativní.

V neposlední řadě patří mezi tyto makroskopické okrajové podmínky, ovlivňující významně tržní potenciál také geopolitické vlivy způsobené změnou vyostření politické situace a konflikty mezi jednotlivými zeměmi nebo regiony (viz například embargo vůči Rusku nebo působení ISIS)

4) Uplatnění vyšších užitečných vlastností strojů a technologií

Vyšší užitečné vlastnosti strojů a technologií jsou jedním ze základních faktorů ovlivňujících konkurenceschopnost, stejně jako předchozí tři uvedené. Pojmeme vyšší charakterizujeme především vyšší než předcházející a vyšší než nabízené konkurencí. Užitečných vlastností výrobních strojů a technologií je velká řada, avšak lze identifikovat několik z nich, které jsou klíčové a které nejvýznamněji ovlivňují konkurenceschopnost. Pestrost v nabídce obráběcích a tvářecích strojů, v jejich velikosti, výkonu, technologickém využití, zpracovávaném materiálu a v dalších kritériích je obrovská. Dospět ke konsensu nad tím, které užitečné vlastnosti jsou klíčové a společné celému konsorciu nebo celému oboru, je možné pouze na základě společné odborné a marketingové diskuse. V České republice je formulace národní oborové strategie uvedena v tom to dokumentu SVA a v navazujícím

dokumentu IAP. Na základě konsensu jsou identifikovány jako klíčové a hlavní užité vlastnosti budoucí produkce strojírenské výrobní techniky tyto: přesnost výroby, jakost výroby, výrobní výkon, spolehlivost, hospodárnost a ohleduplnost k životnímu prostředí.

Vyšší užité vlastnosti strojů a technologií jako nástroj konkurenceschopnosti

Výzkum, vývoj a inovace v oboru strojírenské výrobní techniky, který realizují konstruktéři, výpočtáři, výzkumníci, technologové, zkušební technici a další technici, je vždy zaměřen na řešení problémů zvyšování užitečných vlastností strojů a jejich technologického využití. Tato systematická činnost posouvá vlastnosti strojů k lepším parametrům a umožňuje dokonalejší využitelnost strojů v průmyslu.

Jak bylo uvedeno v předchozím odstavci, je však třeba mít na paměti, že vyšší užité vlastnosti strojů jsou jedním ze čtyř hlavních faktorů ovlivňujících konkurenceschopnost a nikoli faktorem jediným. Pro účinné zajištění prosperity oborových podniků je nezbytné nejen zvyšovat užité vlastnosti strojů, ale také současně analyzovat správně požadavky zákazníků, analyzovat a znát nabídku konkurence z technického, ale i obchodního hlediska a sledovat a připravovat se na globální změny celosvětového trhu a průmyslové produkce. Vyšší užité vlastnosti strojů jsou základním a zásadním předpokladem vysoké konkurenceschopnosti, neb je nezbytné a nutné nabízet produkt s vysokou technickou přidanou hodnotou, ale současně je nutné chápat, že sebedokonalejší technické řešení nebude konkurenceschopné, pokud nebudou správně naplňovány a zpracovávány i ostatní faktory ovlivňující konkurenceschopnost. Technicky dokonalý a technicky excelentní produkt, který se mívá požadavkům zákazníků, je nesmyslným a samoučelným. Stejně tak technicky špičkový stroj, nabízený vedle konkurenčního produktu s výrazně výhodnější cenou, zárukou nebo servisními podmínkami bude zaostávat a konkurenceschopnost nezajistí.

3. Strategie oboru

Vyšší užité vlastnosti strojů a technologií jsou nutnou podmínkou vyšší konkurenceschopnosti. Hlavními užitečnými vlastnostmi vzhledem k obráběcím strojům a souvisejícím technologiím jsou: přesnost, jakost, výrobní výkon, spolehlivost, hospodárnost a ekologie. **Strategie oboru směřuje ke zlepšení všech těchto hlavních užitečných vlastností strojů.**

Strategie oboru tedy představuje :

- 1. Zvyšování přesnosti** Především zvyšování geometrické přesnosti práce strojů, geometrické a rozměrové přesnosti výsledného obrobku a obráběných ploch.
- 2. Zvyšování jakosti** Především zvyšování jakosti obráběných povrchů, cílené pozitivní ovlivňování vlnitosti, drsnosti, vzhledu a dalších charakteristik integrity povrchů.
- 3. Zvyšování výrobního výkonu** Zvyšování krátkodobého i dlouhodobého výrobního výkonu strojů.
- 4. Zvyšování spolehlivosti** Zvyšování spolehlivosti stroje a všech jeho funkcí, ale také zajištění spolehlivosti výrobního procesu, resp. dlouhodobé udržení kvality obrobků.
- 5. Zvyšování hospodárnosti** Minimalizace jednotkových nákladů na strojích, vedlejších časů, nákladů na obsluhu, ale i minimalizace nákladů na samotnou výrobu strojů a jejich provoz.
- 6. Snižování negativních dopadů na životní prostředí** Především minimalizace negativních dopadů výroby na strojích, ale i výroby strojů na životní prostředí. Především řešení energetických nároků.

V následujícím je uvedeno, jaké možnosti a nástroje (techniky, metody, technologie a dílčí vlastnosti) mohou v příštích deseti letech významně přispívat ke zvyšování jednotlivých užitečných vlastností obráběcích strojů.

1. Zvyšování přesnosti představuje a vyžaduje:

1. Stroje s pokročilými metodami eliminace tepelných deformací nosných soustav.
2. Nové metody kompenzací pro optimální využití všech pohybových os u víceosých strojů.
3. Stroje s vyšší statickou a dynamickou tuhostí a teplotní stálostí.
4. Stroje se zvýšenou přesností samotné stavby stroje.
5. Stroje s novým a nekonvenčním uspořádáním nosné struktury a pohonů pohybových os.
6. Optimalizované generování NC kódu.
7. Nové techniky pro měření polohy středu nástroje (TCP) vůči obrobku a jejich integrace do řídicích algoritmů stroje.
8. Nové techniky měření deformací vřetene a predikce deformací nástroje a obrobku a kompenzace těchto deformací a chyb.
9. Predikce a ověření výsledků výroby společně s její optimalizací již v návrhovém stádiu stroje.
10. Nové a zdokonalené metody a postupy pro měření geometrické přesnosti stroje v celém pracovním prostoru.
11. Řešení optimálního návrhu technologie výroby tvarově náročných obrobků.
12. Nové techniky tvorby a generování optimálních postprocesorů pro složité víceosé NC stroje, multifunkční a hybridní stroje.
13. Stroje hybridní a multifunkční.
14. Stroje s adaptivním řízením.
15. Inteligentní řízení strojů.
16. Optimalizované řízení všech periférií stroje.
17. Nové metody potlačení nežádoucího dynamického chování stroje.
18. Nové pokročilé/moderní řídicí techniky a strategie přesahující dnes běžnou PID a kaskádní regulaci pro zvýšení přesnosti dráhového řízení.
19. Vývoj pokročilých výrobních procesů, nahrazujících několik dosud oddělených procesů jedním.
20. Výzkum vhodných oblastí integrace a kombinace tradičních třískových technologií s vysoce přesnými nebo vysoce výkonnými technologiemi (laser, elektronový paprsek, vodní paprsek, EDM apod.).
21. Použití metod pro velmi přesné in-procesní měření rozměrů obráběných dílců přímo ve stroji.
22. Zdokonalené způsoby upínání obrobku minimalizující jeho deformace a maximalizující tuhost spojení se stolem/paletou.
23. Konstrukce s vyšší absorpcí či eliminací vibrací.

24. **Optimalizovaný skelet, vřeteno a pohony pro optimální statickou, a dynamickou a tepelně – mechanickou tuhost při minimálních nákladech.**
25. **Využití moderních metod na bázi nástrojových a obrobkových sond pro on-line kalibraci stroje rámci vlastního pracovního režimu**
26. **Metody detekce a predikce opotřebení břitu nástroje**
27. **Zdokonalení odvodu tepla z místa řezu.**
28. **Optimalizace dráhy nástroje na základě minima predikovaných odchylek.**
29. **Uplatnění metod automatického nebo asistovaného ladění parametrů pohonů a CNC systému.**

2. Zvyšování **jakosti** představuje a vyžaduje:

1. **Nové zdokonalené řezné nástroje - řešení a optimalizace konstrukčních prvků včetně nástrojů pro použití bez kapalného prostředí.**
2. **Zdokonalení upnutí nástrojů, nástrojových upínačů a rozhraní, upínání a výměna řezných destiček. Zdokonalení a optimalizace chlazení.**
3. **Simulace procesu zahrnující model řezného procesu, dynamický model vřetene, nástroje a obrobku a umožňující ve spolupráci s komplexním dynamickým modelem stroje realizovat virtuální obrábění a inspekci virtuálně obrobeného povrchu.**
4. **Predikce a ověření výsledků výroby společně s její optimalizací již v návrhovém stádiu.**
5. **Pokročilá robustní a spolehlivá sensorika a metody automatického vyhodnocení stability řezného procesu.**
6. **Zvyšování stability řezného procesu.**
7. **Nové řezné nástroje pro obrábění otevřených a uzavřených tvarových ploch.**
8. **Zdokonalení a optimalizace volby vhodné technologie a pracovních podmínek. Optimalizace řezných podmínek včetně výběru vhodných operací a optimalizace strategie obrábění**
9. **Nové techniky umožňující generovat optimalizovaný NC kód.**
10. **Účinné hardwarové i softwarové prostředky pro potlačování nežádoucích vibrací stroje, nástroje i obrobku.**
11. **Nové techniky minimalizace nežádoucích vibrací.**
12. **Optimalizace skeletů, vřeten a pohonů z hlediska dynamické tuhosti.**

13. **Rozšíření optimalizace konstrukce i na oblast obrobků, přípravků, nástrojů a nástrojových držáků.**
14. **Aplikace nových odlehčených materiálových struktur s vysokou tuhostí a vyšším tlumením.**
15. **Optimální využití procesních kapalin.**
16. **Vývoj pokročilých výrobních procesů, nahrazujících několik dosud oddělených procesů jedním.**
17. **Konstrukce s vyšší absorpcí či eliminací vibrací.**
18. **Rozšiřování technologických možností strojů.**
19. **Nové znalostní systémy.**
20. **Metody řízení založené na umělé inteligenci.**
21. **Predikce integrity povrchu vzhledem ke stavu soustavy S-N-O-P a průběhu procesu.**
22. **Optimalizovaný skelet, vřeteno a pohony pro optimální statickou, a dynamickou a tepelně – mechanickou tuhost při minimálních nákladech.**
23. **Diagnostika opotřebení nástrojů.**
24. **Diagnostika dosažení požadovaných technologických podmínek při obrábění, zejména posuvové rychlosti.**
25. **Uplatnění nových materiálů ve stavbě strojů, jejichž užití vede ke zvýšení tlumení, snížení hmotností a snížení dynamické poddajnosti**

3. Zvyšování výrobního výkonu představuje a vyžaduje:

1. **Spolehlivější a snazší nasazení senzorů/aktuátorů.**
2. **Zdokonalení metod vzdálené diagnostiky a měření na strojích.**
3. **Produktivní technické řešení optimálního návrhu technologie výroby tvarově náročných obrobků.**
4. **Návrh nových zdokonalených řezných nástrojů a jejich optimalizace.**
5. **Zvyšování výkonu a rychlostí obrábění.**
6. **Zdokonalení upnutí nástrojů, nástrojových upínačů a rozhraní, upínání a výměna řezných destiček. Zdokonalení a optimalizace chlazení.**

7. **Tvorba standardů pro výměnu dat a zdokonalenou komunikaci mezi CAM technologiemi obecně a obráběcím strojem.**
8. **Nové techniky tvorby a generování postprocesorů pro složité víceosé NC stroje, multifunkční a hybridní stroje.**
9. **Zdokonalování technik simulace a verifikace řídicích NC programů a technik jejich experimentálního ověřování na tvarově náročných dílech.**
10. **Projektování a simulace výrobních procesů a systémů**
11. **Optimalizace řezných podmínek z hlediska maximální produktivity výroby. Volba vhodné operace (frézování, vrtání, soustružení, broušení, atp.), optimalizaci strategie obrábění a volby řezného prostředí pro maximální úběry materiálu.**
12. **Volba optimálního řezného prostředí a jeho využití**
13. **Aplikace nových technik umožňujících generovat optimalizovaný NC kód.**
14. **Multifunkční stroje.**
15. **Rozšiřování technologických možností strojů.**
16. **Stroje s více pracovními nástroji v řezu.**
17. **Komplexní dynamická simulace strojů umožňující simulace v časové oblasti a predikci chování stroje při reálném obrábění v reálném výrobním procesu.**
18. **Pokročilé výrobní procesy.**
19. **Technologie pro maximální automatizaci a bezobslužnost výroby na obráběcích strojích.**
20. **Snadno obsluhovatelné stroje s nízkými nároky na kvalitu obsluhy.**
21. **Uplatnění metod adaptivního řízení servopohonů stroje.**
22. **Uplatnění metod automatického nebo asistovaného ladění parametrů pohonů a CNC systému.**
23. **Aplikace metod inteligentního řízení.**
24. **Aplikace účinných hardwarových i softwarových prostředků pro potlačování nežádoucích vibrací stroje, nástroje i obrobku.**
25. **Konstrukce s vyšší absorpcí či eliminací vibrací (sekundárně zvyšování stability řezného procesu).**
26. **Aplikace koncepcí a technik pro autonomní výrobu.**
27. **Zkracování vedlejších časů při automatické výměně nástrojů a obrobků.**
28. **Optimalizovaný skelet, vřeteno a pohony pro optimální statickou, a dynamickou a tepelně – mechanickou tuhost při minimálních nákladech.**
29. **Překrytí operací na multifunkčních obráběcích strojích, slučování výrobních operací.**
30. **Diagnostika dosažení požadovaných technologických podmínek při obrábění, zejména posuvové rychlosti.**

31. **Automatizované doporučení pro volbu vhodného nástroje (vliv tuhosti a přístupu k obrobku).**
32. **Uplatnění nových materiálů ve stavbě strojů, jejichž užití vede ke zvýšení tlumení, snížení hmotností a snížení dynamické poddajnosti**

4. Zvyšování spolehlivosti představuje a vyžaduje:

1. **Uplatnění vysoce spolehlivých a přesných komponentů, jednotek a uzlů s vysokou stálostí bezchybné funkce.**
2. **Aplikace systémů pro řízení spolehlivosti včetně nástrojů pro zpětnou vazbu ze servisních zásahů do konstrukční kanceláře.**
3. **Nové vyhodnocovací a rozhodovací nástroje, umožňující zahrnout spolehlivostní a robustnostní aspekty již ve vývojové fázi nového stroje.**
4. **Techniky pro sběr a schraňování dat o prováděných procesech.**
5. **Použití nově vyvinutých znalostních systémů. Shromažďování, zpracování a využívání globálních informací.**
6. **Systémy pro řízení spolehlivosti stroje a řezného procesu.**
7. **Spolehlivější a snazší nasazení senzorů/aktuátorů.**
8. **Bezdrátová sensorika a robustní přenos signálů.**
9. **Pokročilá vyhodnocovací elektronika, signálové procesory, zpracování dat v blízkosti sensoriky a následný digitální přenos dat.**
10. **Zdokonalení metod provádění vzdálené diagnostiky a měření na strojích.**
11. **Zdokonalené konstrukce řezných nástrojů - řešení a optimalizace konstrukčních prvků.**
12. **Snadno obsluhovatelné stroje s nízkými nároky na kvalitu obsluhy.**
13. **Zdokonalené techniky plánování i provádění údržby, kontrolních měření vlastností strojů a seřizování strojů.**
14. **Usnadnění obsluhy a programování multifunkčních strojů.**
15. **Technologie zvyšující bezpečnost stroje pro lidskou obsluhu, ale také pro eliminaci poškození stroje, nástroje a obrobku.**
16. **Kvalitní pravidelná školení, tréninky optimálního ovládní a využívání strojů a nových nástrojů.**
17. **Výzkum a vývoj technik pro on-line monitorování řezného procesu.**
18. **Unifikace dílců a komponentů.**

19. Aplikace technologií a nástrojů pro realizaci a uplatnění koncepce Plug-and-play, resp. Plug-and-Produce.
20. Nástroje pro návrh, analýzu a řízení spolehlivosti obráběcích strojů po celou dobu jejich technického života.
21. Zdokonalené a pokročilé techniky pro predikci závad a opotřebením stěžejních komponent stroje (ložiska, linární vedení, atd..). Automatické plánování servisních zásahů.
22. Inteligentní anti kolizní systémy a metody vizualizace obrábění.
23. Postprocesory zahrnující kontrolní procedury detekující správné použití funkcí řídicích systémů v NC programu.
24. Uplatnění inteligentních materiálů do stavby strojů – materiály I. – III. generace s využitím funkcí diagnostiky přetížení, případně poruch probíhajících v materiálu

5. Zvyšování **hospodárnosti** představuje a vyžaduje:

1. Rozvoj schopností strojů plnohodnotně provádět více druhů obrábění.
2. Vývoj komponentů a koncepcí umožňujících maximální multifunkčnost stroje.
3. Vývoj technických řešení pro snadnou rekonfigurovatelnost strojů na základě požadavků zákazníka.
4. Rozšiřování technologických možností strojů.
5. Zdokonalení metod vzdálené diagnostiky.
6. Snadno obsluhovatelné stroje s nízkými nároky na kvalitu obsluhy.
7. Usnadnění obsluhy a programování multifunkčních strojů.
8. Technologie zvyšující bezpečnost stroje pro lidskou obsluhu, ale také pro eliminaci poškození stroje, nástroje a obrobku.
9. Spolehlivé a produktivní technické řešení optimálního návrhu technologie výroby tvarově náročných obrobků.
10. Tvorba standardů pro výměnu dat a zdokonalenou komunikaci mezi CAM technologiemi obecně a obráběcím strojem.
11. Zdokonalování technik simulace a verifikace řídicích NC programů a jejich experimentálního ověřování na tvarově náročných dílech.
12. Projektování a simulace výrobních procesů a systémů

13. **Zdokonalení metod návrhu a volby optimálních pracovních podmínek**
14. **Optimalizace řezných podmínek.**
15. **Zdokonalování geometrie řezných ploch i utvařečů třísek, zdokonalení řezných materiálů a funkčních povlaků. Zvýšení stability řezu, trvanlivosti břitu nástroje a kvality obrobeneho povrchu. Nástroje pro použití bez kapalného prostředí.**
16. **Zdokonalení upnutí nástrojů, nástrojových upínačů a rozhraní, upínání a výměna řezných destiček. Zdokonalení a optimalizace chlazení.**
17. **Pokrok v oblasti vysokých řezných rychlostí, vysokých úběrů, hloubkových metod obrábění, obrábění bez použití kapaliny, obrobitelnosti nestandardních materiálů.**
18. **Zvyšování rychlostí a výkonů obrábění.**
19. **Volba optimálního řezného prostředí a jeho využití.**
20. **Užití systematických metod pro sledování výrobních nákladů při procesech obrábění a souvisejících procesech výroby.**
21. **Aplikace metod a postupů snižování výrobních nákladů obráběcích strojů.**
22. **Užití vysoce spolehlivých a přesných komponentů, jednotek a uzlů s vysokou stálostí bezchybné funkce.**
23. **Systémy pro řízení spolehlivosti včetně nástrojů pro zpětnou vazbu ze servisních zásahů do konstrukční kanceláře.**
24. **Nové vyhodnocovací a rozhodovací nástroje, umožňující zahrnout spolehlivostní a robustnostní aspekty již ve vývojové fázi nového stroje.**
25. **Optimalizovaný skelet, vřeteno a pohony pro optimální statickou, dynamickou a tepelně – mechanickou tuhost při minimálních nákladech. Snižování hmotnosti dílců pohybových os**
26. **Aplikace metod inteligentního řízení.**
27. **Aplikace technik pro sběr a schraňování dat o prováděných procesech.**
28. **Sdílení informací a zkušeností získaných z více strojů a více řešených technologií.**
29. **Unifikace dílců a komponentů.**
30. **Sjednocování komponentů při zachování vysokých užitných hodnot stroje.**
31. **Aplikace modulů pro snadno rekonfigurovatelné a multifunkční stroje.**
32. **Rozšiřování spolupráce mezi podniky, rozšiřování sdílení know-how při budování větších sdružení výrobců OS.**

33. **Nástroje pro návrh, analýzu a řízení spolehlivosti obráběcích strojů po celou dobu jejich technického života.**
34. **Aplikace technik umožňujících generovat optimalizovaný NC kód.**
35. **Uplatnění technologií a nástrojů pro realizaci a uplatnění koncepce Plug-and-play, resp. Plug-and-Produce .**
36. **Uplatnění pokročilých výrobních procesů, nahrazujících několik dosud oddělených procesů jedním.**
37. **Integrace a kombinace tradičních třískových technologií s vysoce přesnými nebo vysoce výkonnými technologiemi (laser, elektronový paprsek, voda, EDM apod.).**
38. **Uplatnění technologií pro maximální automatizaci a bezobslužnost výroby na obráběcích strojích.**
39. **Uplatnění koncepcí a technik pro autonomní výrobu.**
40. **Optimálně navržené a využívané periférie strojů (okruhy chlazení stroje, chlazení řez. procesu, hydrauliky, rozvody stlačeného vzduchu, apod.), vzhledem k dosažitelným řezným podmínkám, výkonům a reálným požadavkům procesu.**
41. **Grafické prostředí pro zobrazení posloupnosti operací se zobrazením časů.**
42. **Překrytí operací na multifunkčních obráběcích strojích.**
43. **Přesná predikce výrobního času před obráběním na stroji.**

6. Snižování negativních dopadů na životní prostředí představuje a vyžaduje:

(pozn.: zásadní je energetická spotřeba v období provozu stroje, ostatní příčiny environmentálních dopadů strojů jsou u běžných OS méně významné)

1. **Snižování energetické náročnosti obráběcích strojů. Snižování spotřeby materiálů na strojích a řešení otázky ekologické likvidace obráběcích strojů.**
2. **Monitorování zátěžných spekter pohonů a periferií.**
3. **Využívání obecně ekologických postupů při výrobě OS, volbě užitých materiálů a volbě komponent. Zjednodušení likvidace nebo recyklace OS a jejich komponent.**
4. **Rozvoj schopností strojů plnohodnotně provádět více druhů obrábění.**
5. **Snadná rekonfigurovatelnost strojů na základě požadavků zákazníka.**
6. **Optimalizace řezných podmínek.**
7. **Zdokonalení metod návrhu a volby optimálních pracovních podmínek**
8. **Uplatnění matematických modelů řezného procesu pro spolehlivou a rychlou optimalizaci řezných podmínek dle zvolených kritérií.**
9. **Volba optimálního řezného prostředí a jeho využití**
10. **Vyžívání ekologických procesních kapalin a maziv a jejich minimalizace.**
11. **Minimalizace nežádoucích vibrací.**
12. **Vhodné využití lehkých (málo hmotných) materiálů s vysokou tuhostí a vyšším tlumením.**
13. **Využití moderních optimalizačních nástrojů, technik a postupů.**
14. **Predikce a ověření výsledků výroby společně s její optimalizací již v návrhovém stádiu.**
15. **Zdokonalování geometrie řezných ploch i utvářečů třísek, zdokonalení řezných materiálů a funkčních povlaků. Zvýšení stability řezu, trvanlivosti břitu nástroje a kvality obrobeného povrchu.**
16. **Simulace funkce nástroje ve fázi jeho návrhu, a simulace dopadu technologie s daným nástrojem na životní prostředí.**
17. **Vývoj účinných hardwarových i softwarových prostředků pro potlačování parazitních vibrací stroje, nástroje i obrobku.**

18. **Konstrukce s vyšší absorpcí či eliminací vibrací.**
19. **Optimálně navržené a využívané periferie strojů (okruhy chlazení stroje, chlazení řez. procesu, hydrauliky, rozvody stlačeného vzduchu, apod.), vzhledem k dosažitelným řezným podmínkám, výkonům a reálným požadavkům procesu.**
20. **Modelování spotřeby agregátů stroje a využití virtuálního modelu stroje pro simulace energetické náročnosti výroby procesu**
21. **Adaptivní přizpůsobování režimu periférií (chlazení, vynašeče třísek, vysokotlaké agregáty, atd.) k aktuální výrobní operaci.**

Ve výše uvedených přehledech možností a nástrojů pro zvyšování jednotlivých užitečných vlastností (jedná se jen o výčet, pořadí nepředstavuje jejich důležitost) **jsou uvedeny některé nástroje vícekrát, protože jejich využití pozitivně ovlivňuje více vlastností.** Toto uspořádání je však užitečné pro případy, kdy chceme vědět, jaké jsou k dispozici nástroje a možnosti pro zlepšení jedné konkrétní užitečné vlastnosti.

Pro zjištění, které možnosti a nástroje mohou při jejich použití ovlivnit pozitivně více vlastností stroje současně, je účelné uspořádání v následující tabulce. **Takové nástroje, které při jejich použití kladně ovlivňují více vlastností najednou, je potom vhodné zkoumat a uplatňovat prioritně.**

4. Uspořádání možností a nástrojů pro zvyšování užitečných vlastností strojů podle priorit

V následujícím souhrnu je podrobněji uvedeno, jaké možnosti a nástroje (techniky, metody, technologie a dílčí vlastnosti) mohou v příštích deseti letech významně přispívat ke zvyšování užitečných vlastností strojů.

V pravé části tabulky jsou sloupce obsahující zlepšování hlavních užitečných vlastností strojů a technologií, které představují strategii oboru. Jednotlivé možnosti a nástroje pro zlepšování hlavních užitečných vlastností jsou uvedeny v řádcích. Řádky jsou seřazeny od těch možností a vlastností, které mají potenciální dopad na zlepšování nejširší škály hlavních užitečných vlastností, až po ty, které jsou specifické a mají pozitivní dopad především na jednu hlavní užitečnou vlastnost.

	Možnosti a nástroje ke zvyšování užitečných vlastností strojů	1. Zvyšuje přesnost	2. Zvyšuje jakost	3. Zvyšuje výrobní výkon	4. Zvyšuje spolehlivost	5. Zvyšuje hospodárnost	6. Snižuje negativní dopady na životní prostředí	Priorita
1.	Multifunkční stroje s rozvinutou schopností plnohodnotně provádět více druhů obrábění. Například schopnost plnohodnotně soustružit i frézovat, nebo frézovat a brousit, atp. Zmenšení potřebného počtu obráběcích strojů pro výrobu jedné součásti, menší podíl manipulace, zkrácení vedlejších časů, minimalizace znovuustavování obrobků, maximální souběh prováděných operací. Vývoj komponentů a koncepcí strojů umožňujících maximální multifunkčnost stroje.							1
2.	Aplikace nových technik umožňujících generovat optimalizovaný NC kód s ohledem na dynamické vlastnosti stroje, vřetene, pohonů a řídicího systému. Tépe využívat techniky stávající, již implementované v řídicích systémech a nevyužívané.							1
3.	Kombinace a integrace tradičních třískových technologií s ostatními technologiemi (laser, elektronový paprsek, voda, EDM apod.) za účelem dosažení optimální kombinace požadované přesnosti a výkonnosti. Uplatnění pokročilých výrobních procesů, nahrazujících několik dosud oddělených procesů jedním (např. třískové obrábění + povrchové úpravy, příprava polotovarů pomocí metod Additive Manufacturing a jejich následné obrábění, texturování, kalení, měření součásti vše na jedno upnutí během jednoho procesu), eliminaci dodatečných operací (leštění, odjehlení, čištění, apod.) a s nimi spojených vedlejších časů.							1

4.	Nové zdokonalené řezné nástroje - zdokonalování geometrie řezných ploch i utvářečů třísek, antichatter řešení, zdokonalení řezných materiálů a funkčních povlaků. Zvýšení stability řezu, trvanlivosti nástroje a kvality obrobeneho povrchu. Zdokonalování řezných nástrojů pro obrábění otevřených a uzavřených tvarových ploch. Zlepšení upínacího rozhraní a nástrojových držáků z hlediska tuhosti, tlumení a potlačování vibrací. Zlepšení upínání a výměny řezných destiček. Zdokonalení přívodu chlazení.								1
5.	Optimalizace řezných podmínek z hlediska minima nákladů, maximální produktivity výroby , maximální dosahované jakosti povrchů, predikovatelné životnosti nástrojů, predikovatelné stability řezu, predikovatelných energetických nároků na obrábění a dopadů na životní prostředí. Nové matematické modely řezného procesu, zdokonalování experimentálních technik pro analýzu řezného procesu a tvorba software pro spolehlivou a rychlou optimalizaci řezných podmínek dle zvolených kritérií. Rozšíření oblasti CAM o oblast optimalizace řezných podmínek již ve fázi návrhu obrábění. Optimalizace řezných podmínek s využitím širších znalostí o dynamickém chování nástroje, včetně, stroje, obrobku s cílem zvýšení výkonnosti a využití instalovaného výkonu. Zásadní je rovněž optimalizace s ohledem na zvýšení spolehlivosti řezného procesu.								1
6.	Optimální využití řezných kapalin - přívod do místa řezu, volba řezných kapalin, jejich množství a pracovních tlaků, zařízení a technologie pro jejich přípravu, sběr, čištění, obnovování, výměnu a monitorování. Využití minimálního chlazení (MQL).								2
7.	Predikce výsledků výroby společně s její optimalizací již v návrhovém stádiu stroje (pro optimalizaci vlastností stroje), nebo výroby (ve fázi plánování výroby pro existující stroj). Volba vhodné kombinace řízení a mechanické stavby stroje. Provázaný návrh vhodné kinem. struktury stroje, topologické a parametrické optimalizace konstrukce a pohonů. Zaměření těchto nástrojů zejména na multifunkční stroje.								1
8.	Nové techniky tvorby a generování postprocesorů pro složité víceosé NC stroje, multifunkční a hybridní stroje.								1
9.	Stroje s vyšší statickou a dynamickou tuhostí a teplotní stálostí. Konstrukce s vyšší absorpcí či eliminací vibrací (s vyšší statickou a dynamickou tuhostí s použitím nových materiálů s vyšším tlumením). Optimalizace skeletu, včetně a pohonů pro maximální statickou a dynamickou tuhost při minimálních nákladech. Vhodné využití lehkých (málo hmotných) materiálů s vysokou tuhostí a vyšším tlumením. Cílené zvyšování dynamické tuhosti a tlumení strojů a jejich komponentů. Využití nekonvenčních materiálů a materiálových struktur (vláknové kompozity, hybridní materiály: sendviče, kov + pěna / lehčený polymerbeton / materiálové směsi, keramika) k odlehčení komponent pohybových os, zvýšení dynamické tuhosti a zvýšení produktivity.								1

10.	Komplexní dynamická simulace strojů zahrnující simulační modely mechanické stavby stroje, modely pohonů, agregátů, řízení a dalších obslužných systémů, umožňující predikci chování stroje při reálném obrábění. Simulace zahrnující model řezného procesu, vřetene, nástroje a obrobku a umožňující ve spolupráci s komplexním dynamickým modelem stroje realizovat virtuální obrábění a inspekci virtuálně obrobeného povrchu. Řešení je velmi významné pro dokončování forem a tvarově složitých dílců. Přispívá ke zvýšení spolehlivosti řezného procesu. Simulace zahrnující model řezného procesu, vřetene, nástroje a obrobku a umožňující ve spolupráci s komplexním dynamickým modelem stroje realizovat virtuální obrábění a inspekci virtuálně obrobeného povrchu.								1
11.	Inteligentní řízení strojů se schopností poučit se ze získaných zkušeností při předchozích obráběcích operacích. Téma má velký potenciál pro zvýšení výrobního výkonu a spolehlivosti procesu, který prozatím není v praxi využíván. Řízení založené na umělé inteligenci poskytující řídicímu systému a mechatronickým komponentům schopnosti autonomní kalibrace, predikce, učení a samo-optimalizace při jakémkoliv probíhající procesu. Na vyšší úrovni se jedná o technologie a metody pro rozšíření schopnosti strojů poučit se ze získaných zkušeností: reakční schopnosti a výkon strojů nebo jejich souboru tak s časem poroste.								2
12.	Nové účinné hardwarové (aktivní dynamické hltiče) i softwarové prostředky (algoritmy pro potlačování vibrací uplatněné v pohonech) pro potlačování parazitních vibrací stroje, nástroje i obrobku. Navrhovat funkční průmyslově využitelná řešení, která umožní zvýšit produktivitu obrábění u problematických strojů/obrobků. Je potřeba nejen vyvíjet nové metody, ale též lépe využít možnosti stávajících řídicích systémů pro potlačování vibrací, resp. pro nevybuzování stroje pohonem. Řízené rozběhy za účelem snížení vibrací, jejich cílené potlačování, výzkum metod vlivu regulace posuvů na samobuzené kmitání při obrábění. Maximální využití metod implementovaných v řídicích systémech.								1
13.	Rozšiřování technologických možností strojů (otáčky, momenty, výkony) a jejich příslušenství (nástroje, hlavy, stoly, řezná prostředí).								1
14.	Optimalizace technologie výroby tvarově náročných obrobků , jako např. turbínových kol, lopatek, forem, zápustek a medicínských implantátů. Zaměření VaV na maximální využití existujících CAM systémů, strategie obrábění, konfigurace postprocesorů, měření a vyhodnocování výsledků pro zpětné ovlivnění technologie obrábění.								1
15.	Zdokonalení metod vzdálené diagnostiky a měření na strojích , zajištění bezpečnosti při provádění testů a měření na dálku. Řešit využití řídicích systémů pro dlouhodobé monitorování stroje (vibrace, zatížení pohonů, ...), on-line měření a identifikaci parametrů stroje (např. vl. frekvence), vyhodnocení stability řezu, atp. Zajištění bezpečného přenosu dat.								1
16.	Snadno obsluhovatelné stroje s nízkými nároky na kvalitu obsluhy a její znalosti a zkušenosti, samo-vysvětlující ovládání stroje, technologie schopné včasné detekce chyb. Usnadnění obsluhy a programování multifunkčních strojů. Samorozhodovací systémy, které vedou obsluhu při ovládání stroje.								1

25.	Pokročilá robustní a spolehlivá sensorika a metody automatického vyhodnocení stability řezného procesu.								1
26.	Nové znalostní systémy. Rozpoznávání trendů a zákonitostí (metody, které dokážou z měřených dat, především z měření vibrací, teplot a proudů vyhodnocovat stav měřeného systému a predikovat poruchy, chyby a nutnost údržby). Algoritmy pro vyhodnocení aktuálních i budoucích stavů stroje.								1
27.	Maximální automatizace a bezobslužnost výroby na obráběcích strojích. Stavba výkonných a přesných manipulátorů pro výměnu obrobků a nástrojů, systémů pro automatické měření rozměru a poškození nástrojů, systémů pro vynášení třísek a úklid pracovního prostoru, systémů pro zajištění dlouhodobé bezobslužnosti a automatizace stroje.								2
28.	Aplikace metod pro autonomní výrobu, kde je zadání výroby automaticky následováno samostatnou přípravou strojů zapojených do výrobního procesu, automatickou aktivací dodavatelského řetězce, výrobou a samo-kontrolou obrobků (integrovaná kontrola kvality výroby).								3
29.	Zvyšování rychlosti obrábění, frézování nad 1000m/min, broušení nad 100m/s, vývoj vřeten a vyvážených nástrojů pro velmi vysoké rychlosti.								2
30.	Pokročilé výrobní procesy nahrazující několik dosud oddělených procesů jedním (např. třískové obrábění + povrchové úpravy, texturování, měření součásti vše na jedno upnutí během jednoho procesu), eliminace dodatečných operací (leštění, odjehlení, čištění, apod.) a s nimi spojených vedlejších časů. Integrace a kombinace tradičních třískových technologií s vysoce přesnými nebo vysoce výkonnými technologiemi (laser, elektronový paprsek, voda, EDM apod.) za účelem dosažení optimální kombinace požadované přesnosti a výkonnosti.								2
31.	Pokrok v oblasti vysokých řezných rychlostí, vysokých úběrů, hloubkových metod obrábění, obrábění bez použití kapaliny, obrobitelnosti nestandardních materiálů (kompozitů, keramických konstrukčních materiálů, neželezných slitin, obrábění tvrdých a kalených materiálů atd.).								2
32.	Uplatnění vysoce spolehlivých a přesných komponentů, jednotek a uzlů (kul. šrouby, vedení, ložiska, krytování, převodovky, atp.). Vývoj komponentů spolehlivých ve funkci i v parametrech.								3
33.	Systémy pro řízení spolehlivosti včetně nástrojů pro zpětnou vazbu ze servisních zásahů do konstrukční kanceláře vedoucí k neustálému zvyšování spolehlivosti stávajících konstrukčních řešení.								2
34.	Zahrnutí spolehlivostních a robustnostních aspektů do vývojové fáze nového stroje.								2
35.	Unifikace dílců a komponentů s cílem minimalizovat rozdílnost užívaných komponent při zachování velmi dobrých statických a dynamických vlastností strojů. Aplikace modulů pro snadno rekonfigurovatelné a multifunkční stroje dle požadavku zákazníka (ve fázi, kdy zákazník specifikuje požadavky na stroj před jeho vývojem, koupí a instalací). Provádění citlivostní analýzy zaměřené na hledání oblastí užitečného sjednocení komponentů, snižování ekonomických nákladů při zachování vysokých užitných hodnot stroje.								3
36.	Aplikace technologií a nástrojů pro realizaci a uplatnění koncepce Plug-and-play, resp. Plug-and-Produce pro jednotlivé komponenty, senzory, uzly strojů, prvky pohonů, ale i celých strojů.								3

52.	Stroje s více pracovními nástroji v řezu. Integrace různých mechanických procesů v jednom stroji.									1
53.	Výzkum a vývoj znalostních systémů. Rozpoznávání trendů a zákonitostí (metody, které dokážou z měřených dat, především z měření vibrací, teplot a proudů vyhodnocovat stav měřeného systému a predikovat poruchy, chyby a nutnost údržby). Algoritmy pro vyhodnocení aktuálních i budoucích stavů stroje, nástroje a upínače , predikce stability a spolehlivosti.									1
54.	Bezdrátová sensorika a robustní přenos signálů z pohyblivých, rotujících nebo vzdálených částí.									1
55.	Pokročilá vyhodnocovací elektronika , signálové procesory, zpracování dat v blízkosti sensoriky a následný digitální přenos dat.									1
56.	Kvalitní pravidelná školení, tréninky ovládání a využívání strojů a nástrojů. Simulace a trénink řešení havarijních situací (troubleshooting).									3
57.	Výzkum a vývoj technik pro on-line monitorování řezného procesu. Techniky pro sběr a schraňování dat o prováděných procesech, rozpoznávání trendů a zákonitostí a vývoj rozhodovacích technik pro volbu optimálních řezných podmínek přímo během obrábění (beze změny NC kódu).									3
58.	Vývoj komponentů a koncepcí strojů umožňujících maximální multifunkčnost stroje.									1
59.	Užití systematických metod pro sledování výrobních nákladů při procesech obrábění a souvisejících procesech výroby obrobků. Systémy pro monitorování využití a trvanlivosti břitu nástrojů, pro monitorování průběhu výroby, výrobních časů a využití strojů, systémy evidence procesů nad obrobkem.									2
60.	Snižování výrobních nákladů obráběcích strojů s využitím technologie optimalizace (druh nástrojů, speciální nástroje, řezné podmínky, řezné kapaliny, CAM strategie, upínání a výměna obrobků, atd.). Vyjádření vlivu snižování nákladů na výslednou kvalitu výroby.									1
61.	Rozšiřování spolupráce mezi podniky , rozšiřování sdílení know-how při budování větších sdružení výrobců OS. Obchodování se znalostmi (know-how) jakožto s produktem a hodnotou. Ochrana duševního vlastnictví.									3
62.	Ekologická výroba a likvidace obráběcích strojů.									1
63.	Simulace funkce nástroje ve fázi jeho návrhu a simulace dopadu technologie s daným nástrojem na životní prostředí (vzhledem k jeho životnosti a spotřebě energie a chladiva).									1
64.	Adaptivní přizpůsobování režimu periferií (chlazení, vynašeče třísek, vysokotlaké agregáty, atd.) k aktuální výrobní operaci.									1

5. Perspektivní techniky a technologie budoucnosti

Každý výrobce i dodavatel strojů neustále řeší otázku, jaké stroje, služby a příslušenství nabízet. Odpověď je snadná, nabízet je třeba stroje tržně úspěšné, o které má zákazník zájem. Obtížné je její reálné naplnění a to ve všech ohledech. Vytvořit, vyrábět a nabízet standardní stroje je velmi náročné. Vyrábět a nabízet úspěšné a prodejné stroje je supernáročné.

Standardní stroje

Všichni, kdo chtějí v oboru obráběcích strojů prosperovat, přemýšlí nad tím, čemu věnovat pozornost, jaké připravovat parametry, funkce a technologie, které budou žádané. Při tomto hledání bychom měli věnovat pozornost dvěma směrům:

- 1) Co chce zákazník a co potřebuje obrobek,
- 2) Co je technicky možné.

Pokud věnujeme pozornost **uživatelům strojů, výrobkům, obrobkům a výrobcům**, kteří mají zájem být úspěšní svými auty, letadly, turbínami, mobilními telefony. Musíme si klást otázky „*Co ve výrobě čeká uživatele OS? Co je chtěné a potřebné? Co je ideálem pro uživatele OS? Pro jaký trh a zákazníky připravujeme stroje?*“

Pokud věnujeme pozornost **technice**, výsledkům vývoje a výzkumu, je nutné se zorientovat v otázkách „*Co je dnes technicky možné? Co je technicky možné v blízké a vzdálené budoucnosti?*“

Pokud se něco nového, co je technicky možné, setká na trhu s tím, co je chtěné napříč širší skupinou uživatelů strojů, a pokud to má i ekonomické řešení výhodné pro uživatele i výrobce stroje. Pak se před námi otvírá nový **úspěšný technický trend**. Některé trendy jsou méně výrazné a brzy zanikají, některé trendy jsou „módní“ a zanikají posléze kvůli technické neodůvodněnosti (v nedávné minulosti honba za paralelními kinematikami, všudypřítomné lineární motory, extrémní časy výměny nástroje atp.).

Mnohé trendy, které dnes svět Machine Tools ovládají, jsou zase netypické tím, že nesouvisí přímo s technikou nebo základními vlastnostmi strojů, ale spíše s tím co stroje obklopuje. A to jak reálně v podobě příslušenství a softwaru, tak také obchodně, servisně a finančně. Trendy, které jsou zdravé, smysluplné, oboustranně výhodné a ekonomicky rentabilní, se postupně stabilizují a stává se z nich po nějaké době **standard**, který stroje a výrobci strojů **musí nabízet**. To co je u strojů dané kategorie standardní, tomu přestává být věnován zřetel, a je to považováno za normální a nutné. Standard již není předmětem konkurenční výhody, ani nepřesvědčí zákazníka k nákupu a využití, přestože některá standardní řešení jsou dnes velmi složitá, komplikovaná a náročná. Nemáme to často na paměti, neb stavba a výroba obráběcích strojů často vycházejí z tradice výrobních podniků, ale navrhnout a zvládnout vyrábět a nabízet i „pouze“ standardní stroj je velmi složitý úkol, který vyžaduje velkou erudici a odbornost. Pokud si představíme postavit firmu na

obráběcí stroje na zelené louce, bez historie, pak vyvinout a zvládnout ekonomicky efektivně vyrábět, nabízet a servisovat standardní, ničím „nevyjímečný“ stroj je umění.

Zvýšení konkurenceschopnosti přináší pouze nabídka inovace, technických parametrů, technologických parametrů, netechnických výhod, **které nejsou v dané kategorii strojů standardem** a které přinášejí „něco užitečného navíc“. Tyto nové nabídky a řešení tvoří skupinu nových trendů, které si buďto najdou tržní odezvu a po jistou dobu zvyšují konkurenceschopnost strojů a stanou se standardem, anebo se ukáží jako neperspektivní, uživateli strojů neoceňované a zaniknou. Ať již jde o řešení které se stane budoucím standardem, nebo nikoli, je nezbytné takováto řešení, resp. nabídku „něčeho užitečného a výhodného navíc“ přinášet a zákazníkovi předkládat a vyhranit se vůči všem ostatním. Přirozeně dochází k proměnám potřeb a vnímání těchto trendů a nabídky v čase a mnohé dříve uživateli neakceptované trendy a řešení si později najdou svoji důležitost a standardní uplatnění.

Výrobky a výroba budoucnosti

Pokud se chceme pokusit o odhad toho, co bude chtít trh obráběcích strojů v dlouhodobé perspektivě, pak je třeba vlastně porozumět tomu, co se bude na světě v budoucnu vyrábět, jak to má fungovat a jak se to bude vyrábět. Obráběcí stroje jsou spolu s tvářecími stroji mateřskými stroji veškeré produkce a výroby. I přes nástup technologií Additive Manufacturing (3D tisku), je možné mít jistotu, že obrábění a tváření bude stále základem a u zrodu veškeré průmyslové výroby. Z hlediska obráběcích strojů a obrábění lze (podle dle MANUFUTURE, EFFRA, KETs, World Economic Forum, TSB UK, a dalších) identifikovat následující dlouhodobé strategie vývoje průmyslové výroby a jejich potřeb:

- **Adaptivní výroba** - Výrobci budou muset být schopni častěji měnit výrobu a to jim lépe umožní univerzálnější stroje, stroje s širšími technologickými možnostmi, stroje a příslušenství dobře připravené na změnu výroby, ale třeba i na své umístění ve výrobě. K širší přizpůsobivosti výrobních procesů a jejich univerzálnosti patří také integrace více technologií v jedné operaci, v jednom stroji a multifunkčnost výrobních strojů umožňujících více technologií řešit sériově. Stroje a technologie jejich využití i plánování výroby se musí přizpůsobit větší dynamice ve změnách výroby.
- **Nové materiály** – Moderní doprava všeho druhu bude směřovat k větší efektivitě a s tím souvisí snižování hmotnosti všech částí nosných struktur i pohonů. Toto povede k širšímu využití kompozitů, sendvičových struktur, speciálních ocelí, titanu a superslitin a dalších těžko obrobitelných materiálů (DTC materiály). Všechny tyto materiály bude třeba obrábět přesně, jakostně, produktivně a levně.
- **Elektronika**, mechatronika, a rostoucí význam nanotechnologií a biotechnologií kladou stále větší požadavky na obrábění dílců a nástrojů pro

svá výrobní zařízení v oblasti přesnosti a jakosti povrchů na větších rozměrech.

- U **energetických zařízení** rostou nároky na účinnost, která je vázána na zvyšování přesnosti a jakosti dílců velkých rozměrů. V budoucích letech porostou řádově nároky na přesnost nejen v oblasti malých strojů, ale nově u strojů střední velikosti a u těžkých obráběcích strojů.
- **Energetická účinnost** a enviromentální profil výroby. – Ať již více z důvodu ceny energií, nebo tlakem globální politiky, poroste tlak na energetickou a materiálovou účinnost obráběcích strojů a technologie obrábění. Je jen otázkou času, kdy bude posuzován příkon stroje s ohledem na množství odebraného materiálu při jednotlivých typech operací a uživatelé strojů budou požadovat energetické a LCA audity strojů, monitorování spotřeby a maximalizaci jejich úspor.
- **Minimalizace závislosti na lidském faktoru** – Ideální výrobní prostředky budoucnosti by měly být dostatečně „zkušené“ a „samostatné“ aby jejich uživatel nebyl odkázán na lidskou obsluhu, kvalifikaci a chyby člověka. Cílem je maximální spolehlivost a samostatnost výroby. Toto klade vysoké požadavky na dodavatele strojů z hlediska diagnostiky procesů a stroje, ale také z hlediska podpory optimálních technologických podmínek výroby. Velký prostor je zde stále pro zdokonalování softwarové podpory.
- **Digitalizace výroby** – Dále porostou požadavky na to, aby výroba byla lépe monitorovatelná, kontrolovatelná, lépe říditelná, lépe plánovatelná a úžeji propojovala zákazníka, výrobek a výrobu. Toto vede ke konceptům většího prolínání ICT do výroby, strojů, nástrojů, obsluhy, dodavatelů a odběratelů a dále k rozvíjení konceptů Smart, Virtual a Digital Factories a nově také konceptu Industry 4.0. Společně s požadavky na adaptivitu strojů roste význam konceptu „Intelligent Machines“.

Stručně řečeno, žádané obráběcí stroje budoucnosti budou pravděpodobně takové, které budou univerzálnější, přesnější, lépe využitelné při změnách výroby, méně závislé na obsluze a lépe zapojitelné do integrované výroby. Současně budou uživatelé strojů po výrobcích strojů a nástrojů požadovat levné a spolehlivé zvládnutí obrábění nových materiálů, snadnější přípravu využití stroje (technologickou přípravu výroby) a vyšší energetickou účinnost strojů a technologií. Současně nelze předpokládat, že by v jakémkoli případě mohly být akceptovány nižší užitné vlastnosti strojů, které jsou dnes považovány za standardní v oblasti jakosti, výkonu, hospodárnosti a spolehlivosti.

Z globálního pohledu je jisté, že výroba a nutnost obrábění nebudou stagnovat, ale porostou. Nasvědčují tomu nejen aktuální statistické výhledy, ale také fakt že civilizace z dlouhodobého hlediska vede k růstu a šíření konzumu a tedy ke

zvyšování množství spotřeby a výroby. Veškerá produkce potřebuje u svého zrodu ve větší či menší míře obráběcí a tvářecí stroje. Jde „jen“ o to, vyvíjet a nabízet takové stroje a technologie, které se úspěšně uplatní. Nestojí před námi problém, že by hrozilo méně obrábění. Naopak nároky tradičních odvětví porostou a nároky nových odvětví výroby budou odlišné. Hrozí, že nebudeme mít co nabídnout ve srovnání s konkurenty.

Budoucí stroje

Ten, kdo chce nabízet úspěšné obráběcí stroje a technologie, a ví, že nemůže konkurovat nejnižší cenou, tak stojí před náročným problémem. Jak jsme zmínili, musí umět postavit standardní obráběcí stroj a nabízet ho se vším očekávaným servisem, a současně musí dokázat nabízet i něco navíc, co standard překračuje a je žádané. Pokud bychom takovýto standardní, ničím výjimečný stroj a služby nabízeli, pak můžeme konkurovat jedině nízkou cenou, což v našich podmínkách Evropy není reálné. Otázkou je tedy, co se stane **budoucím standardem** strojů a co nesmíme přehlédnout a co musíme nutně zvládnout, a dále je otázkou, co je a **co bude tím oceňovaným „něčím navíc“**, které rozhodne o konkurenceschopnosti našich strojů.

Na základě srovnání s vývojem obráběcích strojů a obrábění v uplynulé dekádě a s ohledem na znalost výrobců OS v ČR a jimi vyráběných strojů se v následujících odstavcích pokusme diskutovat, které z trendů se stávají budoucím standardem a co může být tím „něco navíc“.

Technologická a aplikační zdatnost - Budoucnost konkurenceschopnosti výrobců strojů bude silně postavena na technologické a aplikační zdatnosti a na schopnosti zajistit maximálně dobrou a pro uživatele výhodnou uživatelskou podporu využití strojů. Schopnost dodat stroj s odladěnou technologií a nástroji pro konkrétní dílec je dnes očekávaným standardem. Dodávat stroj i s bohatou paletou otestovaných technologických případů v podobě technologického portfolia stroje **je však něčím navíc**. Firmy, které vyvinou stroj a následně na něm intenzivně testují a realizují všechny možné technologické případy obrobků z různých materiálů a s rozdílnými nároky na přesnost, jakost a výkon, investují dobře a příklady zvládnutých technologií jsou konkurenční výhodou. Rozsáhlé technologické portfolio dodávané se strojem pak uživateli usnadňuje zvládnutí změn výrobní technologie a snižuje jeho nejistotu, zda mu stroj dobře poslouží i pro jiný případ obrobku, než řeší přímo při nákupu stroje.

Rostoucí význam této zdatnosti jasně ukazují poslední veletrhy, neboť výrobci strojů i nástrojů se stále častěji a dokonaleji prezentují technologiemi, aplikacemi a speciálními a špičkovými obrobky. Stroje se stále častěji nabízejí ve vazbě na obráběný materiál (titan, nerez, kompozity) nebo na průmyslový sektor (letectví,

energetika, atd.), pro který jsou určeny, nikoli jako velikostní a výkonové řady. V zorném poli jsou obrobky, nikoli stroje.

Podpora maximálního využití strojů – Pro uživatele strojů je vždy kritickým okamžikem změna výroby, změna technologie, jiné obráběné materiály, rozměry, přesnosti, jiné upínání a zatěžování stroje. Nabízet ke strojům CAM program je dnes standard. Dokázat ale pokrýt širší spektrum na trhu nabízených CAM programů tak, aby uživatel stroje mohl využívat své standardní prostředí, a především dodávat pro tyto programy odladěné postprocesory a vizualizační modely pro simulace obrábění a kontrolu kolizí, včetně knihoven upínacího příslušenství, **je již něco navíc**. Zcela otevřené pole je v oblasti virtuálních simulací obrábění s využitím výpočetních jader řídicích systémů a dynamických modelů strojů, které dokáží věrně simulovat skutečné posuvové rychlosti a časy obrábění.

Poměrně dobře skrytou, ale velmi mocnou součástí stroje je jeho řídicí systém, respektive to, jak je řídicí systém a především jeho interpolátor nakonfigurován, jak je využíván a také jak je samotnými výrobci strojů rozšiřován a vylepšován. V maximálním pochopení možností moderních systémů a jejich využití pro konečnou funkčnost strojů a ve vývoji vlastních rozšiřujících technologických a diagnostických aplikací i v optimalizaci NC kódu s ohledem na konkrétní stroj, jeho dynamické vlastnosti a jeho řízení je skryt obrovský potenciál pro lepší využití strojů, pro lepší využití mechanické stavby stroje. Budování konkurenčních výhod v této oblasti je však vázané na zvládnutí velmi složitého pozadí systémů, komplikované navázání vlastních softwarových i hardwarových částí, ale na zvládnutí teoreticky náročného dynamického chování strojů a regulace. **Prostor proto zde nabízet „něco navíc“ je však zatím pro výrobce OS veliký**, neboť jsou to až na výjimky (Fidia, Rödgers, Mazak, DMG-Mori Seiki) firmy strojařské a řídicí systémy berou jako cosi hotového, neměnného, kde si nekladou ambice hlubších zásahů a širšího přizpůsobení.

Jako velmi výhodné se jeví nejen zaškolení obsluhu, ale kontinuálně dodávat uživatelům strojů **vzdělávání** v oblasti technologie, nástrojů a vlastností strojů. **Ten zákazník a uživatel strojů, který lépe rozumí** tomu, co je a za jakých podmínek možné, který má spolehlivě fungující software a který má dodanou knihovnu (portfolio) otestovaných technologií, **ten lépe zvládne změny ve výrobě**.

Dalším významným kritickým okamžikem pro uživatele stroje je porucha stroje. Maximálně dokonalá diagnostika, díky níž lze rychle určit závadu a vhodný způsob opravy v kombinaci s rychlým servisním zásahem je velmi významnou konkurenční výhodou. Pro uživatele stroje není zpravidla horší situace, než když mu stroj stojí a není buď jasná příčina poruchy a co opravovat, anebo pokud není výrobce a dodavatel stroje schopen opravu rychle provést.

Prokazatelná spolehlivost, nadstandardní garance servisních zásahů a držení širokého spektra náhradních dílů spolu se schopností provádět opravy rychle a kdekoli na světě je spojeno s velkým objemem vázaných finančních prostředků i personálu. Výhodu mají velké firmy a je to také jedním z motivů pro vytváření skupin

výrobců a sjednocování a standardizaci komponentů a řešení používaných na jejich strojích.

Minimalizovat významnost obsluhy – Přestože od představení prvního CNC stroje na MIT v USA v roce 1952 uběhlo již více jak šedesát let, nepodařilo se zatím obráběcí stroje učinit nezávislé na obsluze. Jako standard se zavedly systémy automatické výměny nástrojů a obrobků, vynášení třísek a základní kontroly funkčnosti a nutných údržbových zásahů. Spolehlivé vyřešení kontroly přesnosti obrábění, kvality obráběných povrchů, diagnostiky stavu nástroje, kontroly stability řezného procesu a kontroly dalších možných poruch a problémů, které mohou nastat během obrábění, čeká ještě na automatizované zvládnutí. U menších a středně velkých strojů v sériové výrobě je bezobslužnost zvládnutelná za uplatnění velmi sofistikovaných technologií a systémů. Nejedná se však o něco standardního a již vůbec ne u strojů sloužících pro kusovou výrobu nebo u těžkých strojů. Pokročilé metody online diagnostiky, monitoringu a in situ měření a kontroly, které by byly spolehlivé a universální mohou být významnou konkurenční výhodou budoucích strojů a roste význam uskutečňování pojmu „inteligentní stroj“ a "inteligentní výroba".

Multifunkčnost a universálnost - Neprobíhá honba za konkrétními detaily a parametry (zrychlení, otáčky, výkon) které jsou považovány za samozřejmé, ale akcentována je multifunkčnost strojů. Růst multifunkčnosti strojů a jejich schopnosti plnohodnotně realizovat více druhů obrábění je velmi významným trendem a u některých typů strojů již standardem. Nároky na multifunkčnost jsou silným hnacím motorem na zdokonalování stavby strojů, jejich pohony a jejich komponenty. Multifunkční, nebo také multitasking stroje, umožňující plnohodnotně soustružit i frézovat, někdy i brousit, v jednom pracovním prostoru představují špičku nabídky v oblasti malých a středně velkých strojů. Požadavky na možnost nesení soustružnických nástrojů vřetenem, zvládnutí složitých kinematik s velkým počtem řízených os ve vysoké přesnosti, zvládnutí přesných vyvrtávacích operací a zvládnutí stavby otočných stolů, které přebírají roli karuselovacích vřeten, to vše patří mezi velké výzvy pro konstrukci i řízení strojů.

Zájmem uživatelů je realizovat kompletní obrábění, nebo i další neobráběcí operace v jednom pracovním prostoru a setkáváme se s pojmy „Done-In-One“ nebo "Complete Machining". Výhodou je minimalizace chyb vzniklých přeupínáním dílců, ale také minimalizace rizika uživatele, že pro stroj nesežene práci. Tlak uživatelů na maximální univerzalitu a veliké rozsahy parametrů, vede na straně výrobců strojů k dalšímu růstu jakosti a přesnosti obrábění u velkých strojů a výkonnosti u malých strojů. **Ideální stroj musí zvládnout všechno** a tím dává uživateli širší možnosti v získávání práce a pro možnost realizovat výrazné změny ve výrobě.

Přesnost a jakost – Nároky na růst přesnosti jsou nejmarkantnější u velkých a těžkých strojů, ale celkově rostou ve všech kategoriích obráběcích strojů. Velkou

výzvou je zvládnutí měření prostorové/volumetrické přesnosti u velkých strojů, zvládnutí měření přesnosti a kompenzací kinematických chyb u pětiosých a multifunkčních strojů, zvládnutí kompenzací teplotních deformací strojů nejen v posunutích, ale také v natočení. Šířeji uplatňované pětiosé obráběcí stroje vedou v současnosti k rozvoji, výzkumu a vývoji nových metod pro měření a kompenzování prostorových chyb. Na druhé straně je snahou zajistit strojům maximální přesnost již v základu jejich geometrií, kinematickými vazbami a základní elektronicky nekompensovanou přesností. Renesanci nyní prodělává hydrostatika a výrobci strojů neustále zdokonalují přesnost výroby nosných struktur. Evidentní je tlak na vysokou přesnost a jakost povrchů i při poměrně vysokých posuvových rychlostech a rostoucí nároky na parametry pohonů i kvalitu CNC řízení. HSC obrábění bylo primárně spojováno s velkým odebraným objemem materiálu, dnes je ale stále častěji prezentováno i jako technologie dokončovací a rostou tak nároky na přesnost řízení polohy nástrojů za pohybu při interpolaci více os.

Systémová a komplexní řešení - Nadneseně by se dalo říci, že dělícímezi malými a velkými výrobci je právě zřetelné tím, že velké firmy dokáží nabízet a prezentovat sofistikované a integrované výrobní buňky a systémy s vysokým stupněm automatizace a přenosu informací, kde je samotný stroj sice důležitou, ale jen jednou z mnoha součástí složitějšího systému. Není velkým tajemstvím, že marže a zisk na samotném obráběcím stroji, vzhledem k obrovské skutečně světové konkurenci, je relativně malý. Výrobce strojů stojí před těžkým rozhodnutím a úkolem. Buď bude nabízet jen samotné stroje s relativně nízkým ziskem, anebo zvládne dodávat celé výrobní buňky a systémy, včetně subdodávek, které dříve nemusel řešit. Stroj bývá srdcem výrobních systémů a výrobci OS mají dobrou šanci být dodavateli celých systémů a projektů na klíč. Čím větší je praxe a schopnost výrobce strojů v návrhu veškeré automatizace, zajištění spolupráce více strojů, společného nástrojového hospodářství a plánování a řízení výroby, tím má větší konkurenční výhodu v získávání velkých zakázek, kde jednak může uplatnit více strojů, ale také nabízí větší přidanou hodnotu s přiměřeně vyšším ziskem. Odborné zvládnutí takového know-how však není triviální a levné a je patrné, že se dřívější výrobci OS začínají dělit na ty, kdo dodávají stroje a ty kdo dodávají celé „továrny“. Celkově je patrný trend rostoucí automatizace a uplatňování univerzálních robotů ve strojích i okolo nich a výjimkou již nejsou nabídky linek a komplexní automatizace i pro velké a těžké obráběcí stroje.

Racionálnost a pestrost – Dá se říci, že v současnosti nepodléhá obor přímo nějakému módnímu trendu (uplatňování lin. motorů, ultra vysokootáčkových vřeten, paralelních kinematik, kompozitních materiálů atp.), ale soustřeďuje se racionálně na cíl, tedy technologické využití stroje, hlavní užité vlastnosti a potřeby procesu obrábění. Toto vede celkově k velké pestrosti technických řešení a k optimalizaci

stavby strojů pro jejich hlavní účel. Je to trend racionálního využití všech technicky dostupných prostředků zaměřený na cíl.

Snižování spotřeby energie – Z pohledu českých výrobců obráběcích strojů, zejména výrobců velkých a těžkých strojů se zdá být problém spotřeby elektrické energie stroji málo významný, ale globální trend vede jednoznačně k úsporám spotřeby energie. K efektivnějšímu využívání energie ve výrobě, jejíž jsou obráběcí stroje součástí, nás budou tlačit jak náklady, tak i legislativa. Řada světových výrobců strojů řeší spotřebu energie svých strojů velmi důrazně včetně uplatňování řady opatření pro snižování spotřeby a technik monitoringu.

Design - Velká evoluce v designu již proběhla. Estetická, funkční i realizační kvalita designu výrobních strojů zaznamenala hmatatelný boom. Kvalitní design, ergonomie a estetické i řemeslné zpracování se v oboru u nových a dražších strojů stává standardem.

Kategorie levných, značkových strojů - Jsou nabízeny a rozšiřovány kategorie levných značkových strojů od velkých výrobců (zatím jen stroje malé velikosti). Stroje jsou charakteristické minimální možností zákaznické konfigurace (musí být sériově vyráběny) a méně luxusními řídicími systémy, ale mají vše nutné pro kvalitní obrábění a mnohdy i poměrně široké příslušenství v základu. Zásadní konkurenční výhodou je zpravidla možnost okamžitého dodání ze strojů na skladu. V této kategorii jsou již nabízeny i první 5osé stroje a rodí se nová pevná skupina segmentu na trhu. Marketing praví, že tyto stroje splní 95 % požadavků, ale za 59 % ceny. Vzhledem k velikosti českých výrobců OS se jeví jako perspektivnější naopak věnovat pozornost takovým aplikacím a zákazníkům, které si vyžadují zákaznické úpravy, a každý stroj s technologií je přizpůsoben potřebám zákazníka. Otázka je, jak velký segment trhu v této oblasti zákazníků během příštího desetiletí zbyde, právě pro menší výrobce. Klíčovým faktorem konkurenceschopnosti se však zřejmě stane doba potřebná pro customizaci, výrobu a dodání stroje. Kdo zvládne tyto procesy zkrátit na minimum možného, bude mít na poli zákaznických strojů stále významnější výhodu. Tlak na rychlé dodávky však povede v budoucnu k nutnosti větších zásob a kapitálu vázaného v materiálu. Jinak ale nebude reálně konkurovat velkým výrobcům malých a středně velkých strojů, kteří také dokáží dodávat výrazně zákaznický modifikované stroje a technologie.

Uvedené postřehy je nutné brát pouze jako názor a interpretaci dostupných podnětů ze strany autora, ale snad poslouží jako provokace a inspirace k zamyšlení.

Česká republika je přibližně na absolutním 13. místě světové produkce, a 8. místě absolutní produkce v Evropě a na 7. místě v produkci na obyvatele v kategorii "Machine Tools". Tento obor zde má nejen bohatou tradici konstrukční, výrobní i

výzkumnou, ale především zde má v současnosti vitální a ambiciózní skupinu výrobních firem s velmi erudovanými týmy odborníků a solidní výzkumnou základu. Potenciál pro prosperitu, vysokou konkurenceschopnost a růst produkce obráběcích strojů je v ČR veliký.



**EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI**



**TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA
STROJÍRENSKÁ VÝROBNÍ TECHNIKA**



Strategie oboru „Tvářecí stroje“ pro období 2015-2020

Obsah:

1. Způsob zpracování strategie	40
2. Cíl strategie	41
3. Strategie oboru.....	42
4. Závěr	50

1. Způsob zpracování strategie

Návrh „strategie“ zpracovalo CVTS FST ZČU v Plzni ve spolupráci s odborníky z podniků SST, a vysokých škol.

CVTS FST ZČU Plzeň zpracovalo strategii oboru „Tvářecí stroje“ na základě spolupráce se SST, s VCSVVT a v rámci řešení projektu „Technologická platforma strojírenská výrobní technika“.

Strategie byla zpracována s využitím názoru 14 expertů. Dotazníkový formulář pro shromáždění názorů expertů z oboru byl nejprve s těmito odborníky sestaven a teprve následně vyplňován a vyhodnocován.

Odborné podněty pro jednotlivé úkoly strategie a pro sestavení dotazníku byly zpracovány na základě:

- názorů 14 významných expertů a odborníků z průmyslu i výzkumu v oboru konstrukce tvářecích strojů v ČR
- dlouholetých zkušeností a znalostí problematiky v oboru na řešitelském pracovišti na FST ZČU V Plzni a po konzultacích v odborné komunitě
- konfrontace se stavem oboru na EMO Milano 2009, a dalších mezinárodních prezentacích
- výsledků výzkumu a vývoje prováděného na CVTS a ve spolupracujících pracovištích v ČR i zahraničí
- národního programu orientovaného výzkumu a vývoje v České republice
- prognózy perspektivních směrů ve vědě a výzkumu v oblasti Konstrukce tvářecích strojů v ČR s výhledem na 5 – 10 let od r. 2008 (vypracovalo CVTS, předneseno a předáno SST na oponentním řízení CVTS 5. 12. 2008 na SST v Praze)

2. Cíl strategie

Tento dokument je zpracován na podporu co nejefektivnějšího zaměření výzkumných, vývojových a inovačních projektů a záměrů, řešených v letech 2010 – 2020 v sektoru strojírenské výrobní techniky v oboru tvářecích strojů s cílem dosáhnout **co největšího zvýšení užitných vlastností těchto strojů a zvýšit jejich konkurenceschopnost na světovém trhu**. Strategie je zaměřena především na podporu oboru v České republice.

Zde je třeba uvést, že **vyšší užitné vlastnosti nejsou vždy zcela totožné s konkurenceschopností**. Konkurenceschopnost vyvíjených strojů, nástrojů a technologií je zpravidla velmi složitým kompromisem, závislým na objektivním vyhodnocení požadavků zákazníků, postupu a výsledků konkurenčních firem a očekávaného vývoje budoucí tržní situace a uplatnění vyšších užitných vlastností strojů v tomto hodnocení. **Vyšší užitné vlastnosti strojů a technologií jsou však nutnou podmínkou vyšší konkurenceschopnosti**.

Tento materiál hovoří pouze o všeobecné strategii oboru tvářecích strojů, a technologií. Aplikace uvedené strategie na jednotlivé typové skupiny strojů, nástrojů a technologií bude již záležitostí podniků a spolupracujících oborových výzkumných organizací (především CVTS) v rámci řešení konkrétních projektů a při tvorbě vlastních podnikových strategií. Při této aktivitě bude podnikům významně pomáhat TP SVT.

3. Strategie oboru

Vyšší užité vlastnosti strojů a technologií jsou nutnou podmínkou vyšší konkurenceschopnosti. Proto strategie oboru musí směřovat ke zlepšení všech hlavních užitečných vlastností strojů.

Obecně je možno konstatovat, že úspěšnost stroje v současné době a v nejbližších letech určují především tyto hlavní faktory:

- Vysoká provozní spolehlivost
- Vysoká produktivita
- Vysoká přesnost výroby (snaha minimalizovat, případně odstranit dokončovací operace, především obrábění)
- Minimální materiálová a energetická náročnost výroby (hospodárnost technologického procesu, zvyšování stupně využití materiálu) Vysoký stupeň automatizace (manipulace s materiálem, výměna nástrojů, řídicí systémy)
- Nízké provozní náklady
- Snadná montáž a demontáž Nízká energetická náročnost provozu výrobního zařízení
- Ekologické a ergonomické faktory
- Konkurenceschopný design
- Prevence údržby lisu (Predictive maintenance systém (PdM)) – mechanické, hydraulické a elektrické části kovacího komplexu

Konkurenční schopnost strojů a zařízení zásadně ovlivňují především čtyři způsobilosti:

- Technická (provozní) způsobilost
- Ekonomická způsobilost
- Způsobilost z hlediska životního prostředí
- Marketingová způsobilost

Technická způsobilost strojů a zařízení je určována jejich jakostí a hodnotami technických a provozních parametrů. Rovnocennými složkami konkurenční síly strojírenských produktů jsou ekonomická a marketingová způsobilost.

Ekonomická způsobilost je určena schopností podniku produkt efektivně vyrábět tj. produkovat ho za náklady, které jsou srovnatelné, nebo nižší než náklady konkurenčních výrobců. V této souvislosti má váhu přístup, podle kterého nemá smysl vykonávat ty produkční činnosti, které může vykonávat jiný subdodavatel kvalitněji, rychleji a levněji.

Způsobilost z hlediska životního prostředí je dána splněním platných i očekávaných legislativních norem a společenské poptávky.

Marketingová způsobilost představuje zájem zákazníků o koupi nabízeného produktu, který ovlivňuje image podniku, podvědomí zákazníků o nabízených produktech, dostupnost produktů, doprovodných službách atd.

Aby bylo možno kontinuálně zajišťovat výše uvedené požadavky, je třeba v rámci dlouhodobé strategie rozvoje tvářecích strojů správně definovat:

- Základní obecné požadavky na tvářecí stroje (většinou definované technologickými požadavky)
- Možnosti zaměření vývoje strojů a zařízení vhodných pro ČR
- Možnosti zaměření výzkumu a vývoje tvářecích strojů
- Možnosti zaměření výzkumu a vývoje technologie tváření

1. Základní obecné požadavky na tvářecí stroje

1. **Vysoká provozní spolehlivost**
2. **Vysoká produktivita**
3. **Vysoká přesnost výroby (snaha minimalizovat, případně odstranit dokončovací operace, především obrábění)**
4. **Minimální materiálová a energetická náročnost výroby (hospodárnost technologického procesu, zvyšování stupně využití materiálu)**
5. **Nízké provozní náklady**
6. **Umožnění snadné opravy či výměny rychle opotřebovaných součástí v co nejkratší době - nízké náklady na údržbu**
7. **Během provozu kontrolovat stav mechanické, hydraulické a elektrické části kovacího komplexu a předem informovat údržbu o nutných výměnách jednotlivých dílů zařízení a o nutných opravách**

2. Možnosti zaměření vývoje strojů a zařízení vhodných pro ČR

1. **Stroje a zařízení pro realizaci nových technologií.**

S rozvojem vědy vznikají a vyvíjí se stále nové technologie, a pro realizaci těchto technologií je nutno navrhovat zařízení, na kterém se budou tyto technologie provádět. Jedná se tedy o konstrukční návrhy nových strojů, nebo celých víceprocesních výrobních systémů – např. o tvorbu nových prototypů.

2. **Stroje s mimořádně velkými výkony na zpracování velkorozměrných a vysoce hmotných výrobků**

Jedná se např. o velké tvářecí stroje na kování například reaktorových, zalomených hřídelí rotorů turbín, atd. volným kováním a o velké tvářecí stroje pro zápusťkové kování od sil 20 MN výš.

Tyto stroje se vyrábí kusově, obvykle je každá konstrukce něčím specifická dle přání zákazníka.

3. **Stroje a zařízení pro kusovou nebo malosériovou výrobu.**

Výrobní stroje pro kusovou nebo malosériovou výrobu musí mít specifické vlastnosti, na rozdíl od ostatních strojů, neboť musí splňovat větší univerzálnost použití, co se týče technologických nároků. Proto se často jedná o unikátní stroje, jejichž výroba je velmi náročná, a proto velmi dobře ekonomicky hodnocena.

4. **Zařízení pro dělení materiálu s využitím moderních technologií**

Jedná se o zařízení pro dělení materiálu stříháním, řezáním, lámáním, laserem, vodním paprskem a s použitím dalších, k tomu účelu využitelných, technologií.

5. Unikátní stroje a zařízení nové generace s využitím moderních špičkových komponent.

Výroba jednotlivých komponent strojů je čím dál na vyšší úrovni, a tak se většina výrobců strojů a výrobních systémů stále častěji uchyluje k jejich využívání. Vhodně sestavený stroj z vybraných komponent dává předpoklad jeho vysoké kvality. Vlastní správný výběr komponent, zhodnocení jejich kvality, vhodnost jejich kombinací, atd., vyžaduje značnou kreativitu a široké znalosti od řešitele. Jako příklad lze uvést vysoce automatizované výrobní systémy velkých automobilek.

6. Stroje na zpracování plastů, keramiky a dalších nekovových materiálů

Průmysl stále více využívá plastů, keramiky a dalších nekovových materiálů při výrobě nových výrobků. Za tím účelem a s ohledem na stále se objevující nové hmoty, je nutno vyvíjet a zhotovovat stroje, na kterých je efektivně možné vyrábět výrobky z těchto hmot. Většinou se bude jednat o tváření, vstřikování a tlakové lití do forem.

7. Stroje na zhutňování materiálů

Ve společnosti je stále více vysoce objemných materiálů jako odpad ze spotřebního zboží, včetně automobilového průmyslu. Proto je nutné pro lepší manipulaci i přepravu tento materiál náležitě zhutnit a připravit tak k dalšímu zpracování.

K tomu nám mohou posloužit stroje jako např. briketovací a paketovací lisy.

8. Stroje a zařízení s mezioborovým využitím.

V současné době se mnohé technologie prolínají a překrývají, a proto pro jejich realizaci nelze použít klasické stroje a zařízení doposud vyráběné. Lze předpokládat, že s postupem doby se trend překrývání jednotlivých technologických postupů bude nadále prohlubovat. Proto je, a do budoucna i nadále bude třeba, pro takovéto případy vyvíjet a konstruovat nové stroje a zařízení, na kterých by mohly být tyto prolínající se technologie realizovány. Může to být např. kombinace technologií strojírenských a chemických – např. ošetření strojírenských výrobků přímo ve stroji chemickými technologiemi.

9. Stroje a zřízení stavěné s využitím nekonvenčních materiálů

Možnosti využití nekonvenčních materiálů v konstrukci strojů a zařízení tam, kde lze tímto způsobem zlepšit jejich stávající technické parametry, nebo podstatně usnadnit jejich výrobu a snížit jejich cenu. Jejich využití umožní i lepší a ekologičtější likvidaci a recyklaci stroje.

10. Stroje a zařízení pro nové technologie spojování materiálů a součástí

U jednotlivých výrobků je podstatnou nákladovou částkou spojovací technologie. Rozvoj nových technologií vyžaduje výzkum kvality spojení a vývoj příslušného zařízení nebo stroje. Příkladem je nahrazení svařování u spojování plechů v automobilovém průmyslu deformační technologií.

11. Stroje a zařízení pro využití recyklovatelných složek odpadu

Výzkum a vývoj strojů a zařízení dokonaleji a vhodněji využívajících materiálů vzniklých jako výsledek recyklace odpadů a realizujících nové technologie pro zpracování produktů recyklace.

Dalším uvedeným tematickým okruhům v této kapitole většina expertů nepřikládala dostatečnou váhu pro jejich zařazení jako prioritních do „Strategie oboru“.

12. Licí stroje pro odlévání kompozitních materiálů a pro odlévání novými technologiemi (Thixocasting - nová licí technologie a Squeeze Casting - tuhnutí pod tlakem)

Především automobilový průmysl požaduje snížení hmotnosti a zvýšení funkčních a pevnostních vlastností částí. Jednou z cest je širší využití odlitků z hliníku, zinku, hořčíku a kompozitních materiálů. Tyto cíle vyžadují výzkum jednotlivých technologií a navazující vývoj příslušných zařízení. Nejrozšířenějším technologickým zařízením jsou v této oblasti tlakové licí stroje.

13. Zařízení pro separaci a recyklaci

Výzkum a vývoj strojů, zařízení a systémů zabezpečujících dokonalejší, a pro budoucí zpracování vhodnější, separaci a recyklaci odpadů, jejichž struktura se bude v čase, s místem výskytu i v závislosti na všeobecném pokroku, měnit.

14. Stroje a zařízení pro zabezpečení kvality životního prostředí

Výzkum a vývoj strojů a zařízení zabezpečujících nově vznikající požadavky a realizujících nové technologie pro ochranu životního prostředí a to jak vnitřního (např. pracovní), tak vnějšího (ovzduší, půda, voda, odpady). Velmi aktuální je též výzkum a vývoj strojů a zařízení pro separaci a recyklaci odpadů a jejich využití pro zpracování produktů recyklace.

15. Stroje a zařízení pro nakládání s odpady rostlinného a živočišného původu

Výzkum v oblasti strojů a zařízení pro nakládání s odpady rostlinného a živočišného původu řeší problematiku související s šetrným hospodařením na půdě a tvorbou životního prostředí na venkově. Jedná se např. o zpracování slámy, pilin, kalů a podobných komodit většinou lisováním na k tomu upravených strojích.

16. Zařízení pro akumulaci energií

Energie bude stále více sledovanou komoditou i při navrhování strojních zařízení. Proto je třeba se aktivně zabývat možnostmi využití odpadních energií při práci strojů, případně i její akumulací. Jedním z příkladů mohou být akumulátorové pohony u hydraulických lisů, nebo nepřímá akumulace deformačních energií u mechanických lisů.

Je třeba na základě energetické bilance výrobního cyklu uvážit možnosti a vhodnosti akumulace energie pro možnost jejího dalšího využití.

3. Možnosti zaměření výzkumu a vývoje

1. Výzkum a vývoj zaměřený na modernizace a rekonstrukce stávajících unikátních strojních zařízení (např. velké tvářecí stroje) za účelem zvýšení jejich technologické využitelnosti, modernizace a zlepšení jejich technických parametrů
2. Výzkum a vývoj pohonů pro konvenční stroje širšího využití
3. Výzkum a vývoj automatizačních, mechanizačních a manipulačních prostředků širšího využití
4. Vývoj a výzkum hromadně nebo sériově vyráběných komponent strojů a zařízení

4. Metody a způsoby vývoje strojů a zařízení

1. Metody navrhování a optimalizace struktur strojů, komponent a optimalizace jejich parametrů
2. Metody pro experimentální, modelový a simulační vývoj, metody ověřování výsledků výzkumu a vývoje
3. Uplatnění automatizačních prvků a informačních technologií pro on-line sledování kvality práce a produkce
4. Integrace strojních výrobních systémů. Omezování negativních vlivů strojů na životní prostředí
5. Metody navrhování struktur strojů a jejich komponent s ohledem na nové funkční, konstrukční, technologické, ekologické a energetické principy
6. Algoritmy řízení pro dosažení efektivního provozu strojů
7. Automatické diagnostické systémy pro zabezpečení včasné identifikace poruch
8. Moderní způsoby řízení a regulace jako fuzzy logické řízení a adaptivní regulace

5. Možnosti zaměření výzkumu a vývoje technologie tváření

1. Výzkum a vývoj nových postupů modelování a simulací pro optimalizaci technologických procesů
2. Výzkum a vývoj technologií přesného tváření zastudena

3. **Výzkum a vývoj nekonvečních technologií tváření**
4. **Výzkum a vývoj technologií tváření s integrováním prvků termomechanického zpracování**
5. **Výzkum a vývoj technik vysokorychlostního tváření**
6. **Výzkum a vývoj technologií vedoucích k získání nekonvečních struktur a vynikajících kombinací mechanických a fyzikálních vlastností**
7. **Výzkum a vývoj tváření kapalným médiem**
8. **Výzkum a vývoj termomechanického hlubokého tažení plechů**
9. **Výzkum a vývoj technik pro výrobu nanostrukturních materiálů**

Při provádění průzkumu v odborné komunitě bylo účastníky průzkumu doporučeno vyjádřit se ještě k následujícím doplňujícím otázkám, které se zdají být pro výrobce tvářecích strojů specifické a důležité.

6. Co určuje zaměření výroby tvářecích strojů u výrobce

1. **Převážně požadavky zahraničních odběratelů strojů**
2. **Převážně požadavky tuzemských odběratelů strojů**
3. **Politika výrobního závodu vytvořená na základě vlastního marketingu**
4. **Politika nadřazeného vlastníka**

7. Perspektivy secondhand v oblasti tvářecích strojů

Toto je specifika především velkých tvářecích strojů.

Vzhledem k tomu, že většina tvářecích strojů má dlouhou životnost, dochází k jejich morálnímu stárnutí rychleji, než k jejich opotřebení, a proto se většina hodnotících expertů shodla, že provedení modernizace stroje, případně jeho rekonstrukce při jeho repasi je výhodná pro všechny uživatele a to především vzhledem k menším nákladům, než při pořízení nového stroje. Výhodou je také již stabilizovaný stav materiálu základních stavebních prvků stroje (vystárnutí).

Provádění retrofitingu některých strojů je v současnosti samozřejmostí a dá se předpokládat, že i v dalších letech budou činnosti kolem modernizačních konstrukčních návrhů a provádění repasí pohlcovat značnou kapacitu konstrukčních kanceláří i výrobních závodů.

4. Závěr

Určovat strategii vývoje oboru na dlouhá léta dopředu vyžaduje vysoké nároky na autory, a to tím větší, čím delší je období, na které se strategie připravuje. Znamená to značnou erudici a dlouholeté zkušenosti v oboru, aby bylo možno na základě zkušeností z předcházejícího vývoje oboru usuzovat na jeho další orientaci.

Proto byla vybrána skupina expertů z ČR, která představuje zkušené odborníky v oboru, kteří jsou schopni zodpovědně, podle svého nejlepšího uvážení, zaujmout k vytvoření strategie oboru do dalších let vysoce komplexní stanovisko, především i s ohledem na možnosti dané technickým zázemím v ČR. I přes maximální snahu vypracovat „Strategii“ co nejzodpovědněji, je pochopitelné, že další vývoj je možno pouze předpokládat a že se všechny předpoklady nemusí vyplnit. Ale i tohoto rizika jsou si autoři vědomi, toto je riziko každé prognostiky.

Při posuzování posledních deseti let v oboru lze konstatovat, že nedošlo k nějakým převratným zvrátům ve vývoji tvářecích strojů. Toto období se dá spíše charakterizovat jako určitý stav stagnace s tím, že se značně zmodernizovaly způsoby ovládání, řízení, kontroly, bezpečnosti, diagnostikování zařízení a celého technologického procesu.

Také je možno usuzovat na zvýšený zájem o kusově vyráběná zařízení pro danou technologii a o zařízení s velkými silami a výkony. Tvářecí stroje, vyráběné ve velkých sériích nejsou doménou výrobců tvářecí techniky v ČR.

Dá se předpokládat, že určitá nová řešení mohou přinést požadavky na zhotovení nových zařízení na nově vznikající technologie, a to nejen v klasické kovovýrobě.

A právě s těmito možnými tendencemi je v předložené Strategii také uvažováno.

Jinak lze předpokládat, že vývoj klasických tvářecích strojů by měl probíhat podobně, jako tomu bylo v uplynulých letech, možná trochu rychleji, díky předpokládanému rychlejšímu rozvoji technického zázemí.

Autoři předloženého návrhu „Strategie“ provedli zpracování výsledků hodnocení jimi předloženého návrhu požádanými experty, a zpracovali konečný návrh, který vychází především z provedeného průzkumu, ale bere v úvahu i možné nepřesnosti, které tento průzkum v sobě nese. Proto byly provedeny na výsledcích z průzkumu určité drobné úpravy priorit.

Předložené zpracování hovoří pouze o všeobecné strategii oboru tvářecích strojů a tvářecích technologií. Aplikace uvedené strategie na jednotlivé typové skupiny strojů a technologií bude již záležitostí podniků a spolupracujících oborových výzkumných organizací (především CVTS) v rámci řešení konkrétních projektů a při tvorbě vlastních podnikových strategií. Při této aktivitě může podnikům významně pomáhat TP SVT.

V roce 2014 bylo provedeno bilancování správnosti Strategie oboru Tvářecí stroje provedené v roce 2009.

Lze s uspokojením konstatovat, že vývoj v oblasti tvářecích strojů se ubíral cestou, která byla prognostikována v předložené strategii. Většina rozdílů spočívá v tom, že ne vždy byla přiložena tomu, nebo onomu bodu tak velká váha, jak bylo předpokládáno. Vývoj za uplynulá léta se obecně ubíral cestou maximálního soustředování výrobního potenciálu do velice produktivních automatických výrobních linek produkujících miliony výrobků. Tímto způsobem výroby se vyznačují především výrobní linky automobilek a výrobců spotřebního zboží. Tento způsob výroby je náročný na automatizaci, organizaci výroby a především na diagnostiku a spolehlivost celého výrobního systému. Perspektiva takovýchto linek umožňuje velká globalizace v oboru.

Proto stavba takovýchto, na míru dělaných celků je doménou velkých nadnárodních firem a bohatých státních ekonomik schopných garantovat případný neúspěch. Tento způsob výroby není pro ČR, jako pro slabou ekonomiku, perspektivní, a jak uplynulý vývoj ukázal, větší perspektivu na možnost prorazit na mezinárodní trhy mají výrobci tvářecích strojů při výrobě unikátních, velkých a specializovaných tvářecích strojů, kde každý výrobek je zároveň prototypem stroje. Při výrobě takového to sortimentu se může uplatnit v plné míře um českého konstruktéra, i řemeslnické výroby, a ekonomicky přináší větší přidanou hodnotu. Tento stav a vývoj byl ve strategii prognostikován, a během času byl potvrzen jako správný. Oproti předcházejícímu je nutno více zdůraznit požadavek na zvyšování přesnosti strojů, jejich spolehlivost s minimálními nároky na údržbu. Toto sebou přináší větší požadavky na diagnostiku a elektronické sledování činnosti stroje a spolehlivě fungující všechna obslužná zařízení. Více, než se předpokládalo, se rozvíjela výroba velkých tvářecích strojů, především hydraulických lisů (100 – 200 MN), kdy bohužel již nejsme schopni co do kapacit zvládat jejich výrobu, a tak je prováděna především projektová, konstrukční a manažerská činnost při koordinaci dodavatelů jednotlivých obřích komponent. V tomto sortimentu se ČR stala jedním z předních, ve světě uznávaných výrobců. Rozvíjí se také vývoj zařízení pro recyklaci a zpracování odpadních hmot. Naproti tomu rozvoj využívání kompozitních materiálů ke stavbě tvářecích strojů v ČR stagnuje – kompozitní materiály do stavby výrobních strojů lze velice obtížně aplikovat, a to především pro skoro žádnou zkušenost s jejich vlastnostmi při nešetrném zacházení po dobu 15 – 20 let.

U ostatních bodů strategie se dá konstatovat, že se postupně naplňují, jak bylo předpokládáno. V dalších letech nelze očekávat nějaké převratné změny ve výrobě tvářecích strojů, a proto se dá předpokládat, že při akceptování výše provedených nepodstatných doplnění by předložená, upravená Strategie do r. 2020 měla být tak jako ta předcházející, dostatečně směrodatná.