TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA
STROJÍRENSKÁ VÝROBNÍ TECHNIKA

EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

STRATEGICKÁ VÝZKUMNÁ AGENDA oboru STROJÍRENSKÁ VÝROBNÍ TECHNIKA

pro období 2019 -2025

aktualizace k 5/2018

Technologická platforma strojírenská výrobní technika (TPSVT)
Kontaktní adresa:
Politických vězňů 1419/11,
113 42 Praha 1, Česká republika
E-mail: info@tpsvt.cz

1. Cíl strategie 3

2. Strategie oboru 8

3. Významné trendy pro aktualizaci SVA 9

4. Komplementarita s národní RIS3 strategií 15

5. Detailní strategie oboru SVT komplementární s RIS3 25

6. Specifické zaměření SVA dle struktury EU 31

7. Nástroje pro naplňování strategie 33

8. Specifické zaměření SVA pro oblast tvářecích strojů 40

1. Cíl strategie

Tento dokument je zpracován na podporu co nejefektivnějšího zaměření výzkumných, vývojových a inovačních projektů a záměrů, řešených v letech 2019 – 2025 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**.

Strojírenská výrobní technika, dále také **SVA** představuje výrobní stroje pro obrábění, tváření, aditivní technologie a související komponenty, nástroje, automatizaci a řízení. Především je obor reprezentován organizacemi sdruženými v SST a TPSVT.

Je nutné uvést, že **vyšší užitné 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 užitné vlastnosti strojů a technologií jsou však nutnou podmínkou vyšší konkurenceschopnosti**.

Konkurenceschopnost jako základní nástroj prosperity

Základním smyslem existence oboru strojírenské výrobní techniky, tedy firem a lidí v tomto oboru zainteresovaných, je **prosperovat** a svými výstupy sloužit jiným oborům a odvětvím.

<u>Prosperita má řadu kladných efektů:</u>

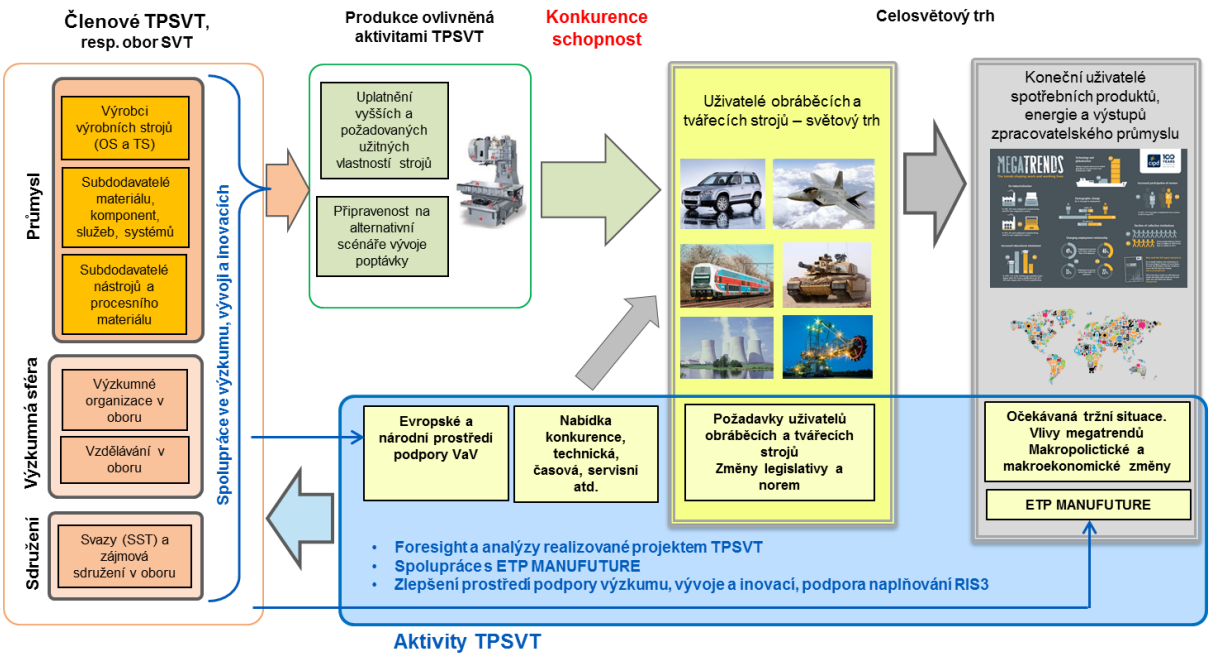
A) umožňuje firmám generovat **zisk** a získávat tak finanční prostředky, které investují do rozvoje a inovací svých produktů a služeb;

B) umožňuje vytvářet **daně**, odváděné státu, a tím prospívá společnosti, minimálně ČR a Evropské unii;

C) umožňuje udržovat nebo rozšiřovat **zaměstnanost** a **vzdělanost** (erudici).

Prosperita průmyslových podniků má další řadu kladných efektů, avšak tyto uvedené jsou zásadní.

Prosperitu je možné zajistit v tržním prostředí, ve kterém naše podniky působí, jedině pomocí vysoké míry konkurenceschopnosti. Vysoká konkurenceschopnost představuje stav, kdy jsou produkty a služby specifické společnosti nebo souboru společností, nebo celého oboru prodávány se ziskem na trhu, na místo produktů a služeb ostatních soupeřů na trhu, konkurentů. V následujícím textu užíváme pojem trh, jako pojem pro globální, celosvětový trh, neboť většina produkce oborových podniků je uplatňována v zahraničí. Konkurenceschopnost produktu, podniku nebo oboru je ovlivňována řadou faktorů. Nejvýznamnější z těchto faktorů krátce charakterizujeme pomocí uvedeného schématu a vymezíme roli a význam výzkumu, vývoje a inovací pro zvyšování konkurenceschopnosti.



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 technologů 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 užitných vlastností strojů a technologií

Vyšší užitné vlastnosti strojů a technologií jsou jedním ze základních faktorů ovlivňujících konkurenceschopnost, stejně jako předchozí tři uvedené. Pojmem vyšší charakterizujeme především vyšší než předcházející a vyšší než nabízené konkurencí. Užitných 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 užitné 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 užitné vlastnosti budoucí produkce strojírenské výrobní techniky tyto: přesnost výroby, jakost výroby, výrobní výkon, spolehlivost, hospodárnost a ohleduplnost k životnímu prostředí.

Vyšší užitné 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 užitných 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 užitné vlastnosti strojů jsou jedním ze čtyř hlavních faktorů ovlivňujících konkurenceschopnost** a nikoli faktorem jediným. Pro účinné zajištění prosperity oborových podniků je nezbytné nejen zvyšovat užitné 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 užitné 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 míjí požadavkům zákazníků, je nesmyslným a samoúčelným. Stejně tak technicky špičkový stroj, nabízený vedle konkurenčního produktu s výrazně výhodnější cenou, zárukou nebo servisními podmínkami bude zaostávat a konkurenceschopnost nezajistí.

2. Strategie oboru

Vyšší užitné vlastnosti strojů a technologií jsou nutnou podmínkou vyšší konkurenceschopnosti. Hlavními užitnými 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 užitných 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 užitných vlastností obráběcích strojů.

3. Významné trendy pro aktualizaci SVA

Zásadním zdrojem informací o potřebách trhu z hlediska zákazníků jsou prezentace špičkových celosvětových producentů SVT na mezinárodních výstavách a veletrzích, zejména na EMO, IMTS, JIMTOF, CIMT, Metalloobrobotka. Dalším významným zdrojem jsou informace v odborných článcích, keynote paperech a dokumentech nejvýznamnějších oborových organizací CIRP, EUSPEN, CECIMO, ETP Manufuture a v ČR SpOS, SST a CK-SVT. Pracovní skupina Expertů TPSVT ve spolupráci se členy platformy považuje za významné pro český průmysl SVT následující identifikované trendy.

Multifunkčnost strojů je jasným trendem, který je možno vidět prakticky u všech výrobců všech typů strojů. Integrace základních třískových technologií, především plnohodnotného soustružení a plnohodnotného frézování na jednom stroji, se považuje za standard. To však nijak nesnižuje technické nároky na komponenty těchto strojů, např. vysokootáčková velkoprůměrová ložiska soustružnických stolů nebo frézovací vřetena se zpevňováním rotoru pro soustružnické operace. Nabídka takových standardních komponent je stále relativně omezená, což klade nároky na konstrukční řešení výrobců strojů i dodavatelů celých uzlů.
Nepřehlédnutelným trendem v oblasti multifunkčních strojů jsou **stroje hybridní,** tj. stroje umožňující výrobu dílce technologiemi třískového obrábění a dalšími netřískovými technologiemi. Těmi jsou buď technologie additive manufacturing (např. navařování kovových prášků laserem, navařování plastů laserem z drátu aj.) nebo technologie obrábění elektrochemického (existují např. nástrojové brusky dovybavené plnohodnotným WEDM).

Aditivní technologie (additive manufacturing - AM) rostou na významu. Stroje na AM jsou zařazeny do segmentu "Machine Tools" a rozšířily skupinu obráběcích a tvářecích strojů, resp. mateřských výrobních strojů. Stroje většinou k nanášení kovů v prášku využívají laser (navařování nebo plošné sintrování). Nabízena je již řada integrací technologie AM do obráběcích strojů. Výkonost výroby bývá při hrubování 350-660g/hod, při dokončovacím přesném navařování 30-150 g/hod. Základní ceny strojů jsou v rozsahu 0,8-1,2 mil EUR. Většinou se jedná o stroje malé velikosti.

Z hlediska stavby strojů se stále více prosazuje **modulární stavba**, která umožňuje při akceptovatelných nákladech vyhovět rozličným aplikačně-technologickým požadavkům zákazníků. Firmy usilují o to, aby dokázaly postavit z jedné "stavebnice" téměř cokoli od soustruhu, přes frézku po multifunkční stroj.

Další silným trendem je **automatizace**, jejímž hlavním cílem je zkrátit vedlejší časy. Automatizace v oblasti AVN a AVO byla zastoupena především ukázkami velkokapacitních zásobníků nástrojů a paletových zakladačů pro obsluhu linek strojů. Významné je nasazení šestiosých robotů pro manipulaci s nástroji a lehčími obrobky (AVO do velikosti palety cca 400 mm). V některých případech je nasazení tohoto typu robotů zbytečné, protože prezentovanou aktivitu by zvládl realizovat i jednodušší dvouosý nebo tříosý manipulátor. Roboty mají výhodu ve vyšší flexibilitě, tj. možnosti rekonfigurace automatizace při změně výroby. Na tento trend reagují dodavatelé specializovaných řešení, kteří nabízeli manipulační buňky robot + zásobník dílců. V tomto případě je kladen důraz na co nejjednodušší integraci

do stroje. Tyto buňky mají vlastní řídicí SW a zjednodušené připojení na stroj, takže konkrétní funkce buňky (cykly) lze snadno spustit jen M-funkcí v NC kód.

Pro zkrácení vedlejších časů je uplatňováno velké množství řešení v oblasti **metrologie a postprocesní kontroly obrobků**. Využití skenovacích dotykových sond, 3D laserové skenery, 3D fotografie dílce jsou hlavní technologie pro kontrolu přesnosti a jakosti vyrobeného dílce. Uvedené technologie jsou zpravidla nabízeny jako „samostatné“, zatím nikdo (ani výrobce strojů nebo výrobce těchto systémů) nenabízí ucelené řešení, která by obsahovala i následný zásah do dílce po provedené postprocesní kontrole, ale lze takovou nabídku brzy očekávat.
Vývoj strojů v posledních patnácti letech bych silně zaměřen na zkracování hlavních a vedlejších časů výroby. Posun techniky v tomto období byl výrazný. V současné době se považuje **člověk jako limit** dalšího zvyšování produktivity strojů a technologií. To se odráží ve všech částech výrobního procesu – od přípravy NC kódu, TPV až po obsluhu stroje. Na EMO bylo možno vidět mnoho nástrojů pro podporu přípravy a validaci NC kódu především pro složité multifunkční stroje. Vlastní SW nabízejí v této oblasti např. firmy Okuma nebo Nakamura Tome. Virtuální modely strojů uplatněné pro plnou simulaci technologií představily např. DMG Mori nebo WFL. Vedle toho byla nepřehlédnutelná nabídka výrobců CAM a dalších SW v oblasti optimalizace NC kódu a kontroly kolizí (Third Wave System – Production Module, iCAM a další). Tento trend doplňuje např. i virtuální zprovoznění od firmy Siemens. Uvedené SW tak mají pomoci snížit rizika při přípravě technologie a zásazích do výroby ze strany člověka.

Nepřehlédnutelný je další posun v oblasti zvyšování **inteligence strojů**. Stroje mají mnoho funkcí (ať už vázaných na základní funkce řídicího systému nebo jeho nadstavby z vlastního vývoje výrobců strojů), které mají za úkol sledovat a informovat obsluhu stroje a nadřízené řízení celé výroby o stavu stroje a technologie. Do této kategorie spadají inteligentní řešení, které nabízí firmy MAZAK nebo OKUMA (minimalizace vibrací stroje způsobených rozjezdem pohybových os, potlačení chatteru při obrábění, změna nastavení parametrů pohonů podle aktuální zátěže pohybové osy aj.). Stále více výrobců prezentuje nabídku antikolizních řešení pro své stroje.

Podstatným rozšířením inteligence strojů je koncept **Industry 4.0**, který je založen na rozsáhlém monitoringu stroje a výrobního procesu, porovnávání s výpočtovými modely a rychlou analýzou rizikových situací a trendů v provozu stroje. Koncept Industry 4.0 je v oboru SVT rozvíjen zejména velkými německými firmami (INA-FAG, Rexroth, Bosch aj.), které koncept podporují bez výhrad. Mimo Německo se k tomu přidávají výrobci komponent, pro které je Německo významný trh (např. HiWin) a výrobci strojů spolupracující s německými univerzitami (např. Doosan). Nabízeny jsou jak kvalitativně nová řešení (senzorické komponenty lineárních vedení valivých a hydrostatických – firma INA-FAG; diagnostika pohonů – firma Rexroth, Heidenhain, Hiwin; software pro zpracování a vizualizaci signálů ze senzorů – INA-FAG, Hiwin), tak pokusy bez valného kvalitativního technického přínosu. V tomto směru lze říci, že koncept Industry 4.0 má silné technické pozadí a velký praktický potenciál, zatím však převažuje jeho marketingový rozměr a firmy konkrétní přínosná řešení ve větším rozsahu teprve hledají. **Z tohoto pohledu je to příležitost pro každou firmu se nově vymezit a tak odlišit od konkurentů na trhu.**

U **komponent strojů** lze sledovat podobné trendy, jako u vývoje strojů. Komponenty strojů zůstávají principiálně stejné, ale zvyšují se se jejich detailní vlastnosti, spolehlivost a životnost. Zlepšování těchto vlastností může mít v některých případech i vazbu na výše uvedený koncept Industry 4.0, kdy je spolehlivost komponent zajišťována integrovanými senzory a dlouhodobým monitoringem vybraných klíčových veličin, včetně jejich vizualizace uživateli stroje.

Navzdory různým módním vlnám zůstávají **vysoká přesnost, výrobní výkonnost a spolehlivost** stále zásadními užitnými vlastnostmi strojů. Pokud firmy dokáží prokazatelně nabídnout zlepšení v těchto kategoriích a případně s **nižší cenou**, tak to přitahuje pozornost zákazníků, protože jde stále o zásadní užitné vlastnosti obráběcích strojů, které zákazníka zajímají primárně.

Z hlediska **cenové strategie** rozdělují výrobci malých a středních strojů i nadále svou produkci na levnější, solidně vybavené stroje, ale téměř bez možnosti změny konfigurace a na řady strojů plně customizovatelné, které se přitom neliší velikostí, nosnou strukturou, komponenty ani pohony. Nejlevnější zákaznicky modifikovatelný stroj v základním provedení bývá o 20% dražší, než základní nekonfigurovatelná řada, ale může dosáhnout v nejvyšší výbavě až dvojnásobku ceny základní řady.

Kvalitní průmyslový design a kvalitní řemeslné zpracování kapotáží a vnějšího rozhraní se již také stalo u většiny výrobců strojů samozřejmostí a to ve všech velikostech strojů. Co vypadá dobře a řemeslně kvalitně zvenku, tak evokuje i kvalitu uvnitř, kam většinou zákazník nemůže nahlédnout.

Téma **ekologie**, resp. energetické spotřeby, se u menších strojů vyšší třídy stává samozřejmostí. U větších strojů se toto téma stále příliš neřeší. Zmínku o sníženém dopadu provozu stroje na životní prostředí je možno považovat za „dobrý mrav“ a nikoliv překvapující nadstandard. Pro větší podporu zájmu je třeba představovat také pozitivní finanční dopady ecodesignu pro zákazníka.

Stručná rekapitulace hlavních trendů

Zjednodušené shrnutí pohledu na trendy a standardy v oboru v oboru SVT, které v současnosti hrají hlavní roli a potenciál můžeme formulovat takto:

1. Lepší **SW** podpora pro uživatele
2. Rozšiřování **multifunkčnosti** strojů a stavebnicovosti.
3. Rozdělování produkce na **levné a na customizovatelné** stroje.
4. Stále více se uplatňuje **robot** jako "pomocník"
5. Téma **energetické** spotřeby motivováno jasně ekonomicky, u těžkých strojů se neřeší.
6. Kvalitní průmyslový **design** samozřejmostí a to ve všech velikostech strojů.
7. Nabídnout vždy něco v základních tématech **přesnosti a výkonu** obrábění.
8. **Aditivní technologie** rostou na významu a zařadili se do Machine Tools
9. Komponenty strojů zůstávají stejné, ale zvyšují se se jejich detailní vlastnosti, spolehlivost a životnost.
10. Téma **Industry 4.0** nyní v oblasti Machine Tools svádí k marketingu i k racionálnímu uplatnění.

Odborný, technický vývoj v oboru ukazuje, že hlavním cílem výrobců všech typů výrobních strojů je zajistit zákazníkovi, aby mohl **vyrobit dílec v požadované přesnosti a jakosti co nejproduktivněji**. Pro dosažení cenově efektivního řešení kompletní výrobní technologie jsou používány především tyto hlavní technické trendy: **multifunkčnost strojů, automatizace, růst inteligence strojů, postprocesní kontrola obrobků, interakce stroje s obsluhou**. Tyto technické trendy jsou doplněny specifickými prodejními strategiemi jednotlivých firem.

Významnost dílčích témat VaV pro naplňování hlavních trendů

V kontextu českých výrobců strojírenské výrobní techniky, resp. významných oborových firem je možné analyzovat, která z dílčích oborových výzkumných témat (formulovaných v oborovém IAP) je možné považovat za nejperspektivnější pro zvládnutí naplňování hlavních trendů. V následující tabulce jsou shrnuty **vyjádřené názory firem TPSVT**, které tvoří hlavní část produkce oboru SVT v ČR. Při významném zjednodušení lze pro přehlednost formulovat, že nejvýznamnějšími tématy výzkumu a vývoje pro naplnění stávajících hlavních trendů jsou:

- Konstrukce se zvýšeným tlumením vibrací
- Virtuální modely strojů a obrábění
- Analýza rizik při provozu strojů
- Nové strategie pro zvýšení přesnosti dráhového řízení
- Predikce teplotních deformací stroje a jejich kompenzace
- Jednoduchá a bezpečná obsluha obráběcích strojů

Významnost pro firmy TPSVT (bodování)	Téma vývoje a výzkumu	Směr vývoje a výzkumu	Oblasti VaV
4	(T24) Konstrukce se zvýšeným tlumením vibrací	Tlumení a potlačování vibrací obráběcích strojů	Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura
4	(T29) Virtuální modely strojů a obrábění	Virtuální obrábění pro optimalizaci strojů i technologií	Matematické modely strojů a jejich verifikace
4	(T37) Analýza rizik při provozu strojů	Interakce obráběcích strojů s obsluhou a okolím	Spolehlivost a bezpečnost
4	(T42) Nové strategie pro zvýšení přesnosti dráhového řízení	Nové koncepce strojů a pohonů	Řízení a mechatronika
4	(T48) Predikce teplotních deformací stroje a jejich kompenzace	Kompenzace a minimalizace teplotních deformací obráběcích strojů	Teplotně-mechanické chování
4	(T55) Jednoduchá a bezpečná obsluha obráběcích strojů	Interakce obráběcích strojů s obsluhou a okolím	Samostatnost a jednoduchost
3	(T09) Stabilita řezného procesu při víceosém obrábění	Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu	Výkon obrábění
3	(T17) Multifunkční stroje	Optimální stavba obráběcích strojů	Koncepce strojů a pohonů
3	(T31) Modely mechanické stavby OS pro optimalizační úlohy	Optimální stavba obráběcích strojů	Matematické modely strojů a jejich verifikace
3	(T33) Snižování energetické náročnosti obráběcích strojů	Ecodesign obráběcích strojů a šetrné využití zdrojů ve výrobě	Ecodesign

3	(T36) Analýza rizik při konstrukci strojů	Interakce obráběcích strojů s obsluhou a okolím	Spolehlivost a bezpečnost
3	(T38) Rozvoj automatizace a bezobslužnosti výroby	Interakce obráběcích strojů s obsluhou a okolím	Automatizace a bezobslužnost
3	(T40) Přídavné odměřovací systémy u obráběcích strojů	Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti	Řízení a mechatronika
3	(T46) Kompenzace nepřesností víceosých frézovacích center	Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti	Řízení a mechatronika
2	(T22) Zvyšování přesnosti stavby strojů	Optimální stavba obráběcích strojů	Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura
2	(T25) Nekonvenční materiály pro obráběcí stroje	Nekonvenční materiály ve stavbě obráběcích strojů	Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura
2	(T35) Bezpečnost, spolehlivost a kvalita strojních uzlů a komponent	Interakce obráběcích strojů s obsluhou a okolím	Spolehlivost a bezpečnost
2	(T41) Odměřování polohy středu nástroje a jeho integrace do řízení	Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti	Řízení a mechatronika
2	(T52) Bezdrátová senzorika	Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti	Monitorování a diagnostika
1	(T03) Optimalizace řezného procesu	Virtuální obrábění pro optimalizaci strojů i technologií	Řezný proces
1	(T04) Modelování a sledování řezného procesu včetně optimalizace zatížení nástroje zdokonalenými experimentálními technikami	Virtuální obrábění pro optimalizaci strojů i technologií	Řezný proces
1	(T06) Výzkum vhodných řezných podmínek pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů	Virtuální obrábění pro optimalizaci strojů i technologií	Řezný proces
1	(T08) Matematické modelování pro návrh technologie výkonného obrábění	Virtuální obrábění pro optimalizaci strojů i technologií	Výkon obrábění
1	(T11) Metody tvorby postprocesorů pro víceosé NC stroje	Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu	NC programování
1	(T12) Simulace a verifikace NC programů	Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu	NC programování
1	(T13) Optimalizace NC kódu	Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu	NC programování
1	(T14) Výzkum speciálních problémů výroby tvarově složitých obrobků	Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu	NC programování
1	(T19) Nekonvenční koncepce strojů a pohonů pohybových os	Nové koncepce strojů a pohonů	Koncepce strojů a pohonů
1	(T23) Unifikace komponent a metody pro jejich výběr	Optimální stavba obráběcích strojů	Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura
1	(T26) Predikce vlastností dílců obráběcích strojů z nekonvenčních materiálů	Nekonvenční materiály ve stavbě obráběcích strojů	Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura
1	(T27) Technologické postupy pro zpracování nekonvenčních materiálů pro stavbu obráběcích strojů a jejich komponent	Nekonvenční materiály ve stavbě obráběcích strojů	Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura
1	(T28) Vývoj technických prostředků pro zvyšování řezných rychlostí nástrojů malých průměrů pro frézování	Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu	Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura

1	(T30) Monitorování zátěžných spekter pohonů a vřeten	Optimální stavba obráběcích strojů	Matematické modely strojů a jejich verifikace
1	(T32) Moderní výpočtové a návrhové postupy nosných struktur a pohonů	Optimální stavba obráběcích strojů	Matematické modely strojů a jejich verifikace
1	(T34) Ecodesign – Snižování spotřeby materiálu a řešení otázky likvidace OS	Ecodesign obráběcích strojů a šetrné využití zdrojů ve výrobě	Ecodesign
1	(T43) Adaptivní řízení pohonů s kompenzací dynamiky stroje a odchylek polohy nástroje	Nové koncepce strojů a pohonů	Řízení a mechatronika
1	(T44) Potlačování vibrací s využitím nestandardních softwarových i hardwarových prostředků a řízeným rozbíháním pohonů	Tlumení a potlačování vibrací obráběcích strojů	Řízení a mechatronika
1	(T47) Eliminace tepelných deformací obráběcích strojů pomocí inteligentního řízení chlazeni	Kompenzace a minimalizace teplotních deformací obráběcích strojů	Teplotně-mechanické chování
1	(T49) Měření a kompenzace deformací vřetene a nástroje	Kompenzace a minimalizace teplotních deformací obráběcích strojů	Teplotně-mechanické chování
1	(T50) Monitorování funkcí a vlastností stroje	Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti	Monitorování a diagnostika
1	(T51) Bezsenzorová diagnostika	Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti	Monitorování a diagnostika
1	(T53) Pokročilé vyhodnocování signálů	Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti	Monitorování a diagnostika
1	(T54) Zdokonalení vzdálené diagnostiky a zajištění bezpečnosti při provádění testů na dálku	Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti	Monitorování a diagnostika
1	(T57) Inteligentní obráběcí stroje	Nové koncepce strojů a pohonů	Samostatnost a jednoduchost
1	(T75) Konstrukční řešení nových a zlepšování technických parametrů stávajících stojanů velkých mechanických lisů	Vývoj nových a inovace stávajících konstrukčních řešení tvářecích strojů	Stroje a zařízení pro kusovou nebo malosériovou výrobu
1	(T76) Zmenšování energetické náročnosti mechanických lisů	Vývoj nových a inovace stávajících konstrukčních řešení tvářecích strojů	Stroje a zařízení pro kusovou nebo malosériovou výrobu
1	(T81) Studium možnosti využití nekonvenčních materiálů v konstrukci tvářecích strojů	Vývoj nových a inovace stávajících konstrukčních řešení tvářecích strojů	Stroje a zařízení stavěné s využitím nekonvenčních materiálů
1	(T84) Stojany lisů z ocelí o vyšší pevnosti	Vývoj nových a inovace stávajících konstrukčních řešení tvářecích strojů	Stroje a zařízení stavěné s využitím nekonvenčních materiálů

4. Komplementarita s národní RIS3 strategií

Technologická platforma v rámci práce v Národní inovační platformě pod Úřadem vlády ČR a nyní pod MPO analyzovala potřeby ČR v oblasti inteligentní strategie specializace. Z rozborů a jednání NIP i s průmyslovými aktéry vyplynula potřeba logického spojení oboru strojírenské výrobní techniky s dalšími průmyslovými sektory přesného strojírenství, které pracují v oblasti blízkých nároků na materiály, přesnost, řízení a jedná se o produkci high-tech výrobků s vysokou přidanou hodnotou. Platná strategie RIS3, ve které **zpracování části strojírenství TPSVT zastřešovala**, obsahuje zásadní formulace globálních potřeb oboru SVT na úrovni ČR a dále jí uvádíme. Na tuto strategii pak váže specifická analýza významnosti jednotlivých témat výzkumu pro podniky v oboru SVT, která je uvedena v navazující kapitole.

Východiska

Výroba strojů, zařízení a přesných komponentů jsou významným oddílem českého zpracovatelského průmyslu. Tento oddíl zahrnuje velmi širokou paletu zařízení, která mechanicky nebo tepelně působí na materiály nebo na materiálech provádějí výrobní procesy, včetně výroby jejich mechanických komponentů, které produkují a využívají sílu. Patří sem také speciálně vyrobené díly na tyto stroje a zařízení. Technicky nejnáročnější strojírenské obory, které spojují **vysoké a nebo extrémní nároky na přesnost výroby, jakost a parametry integrity povrchů, maximální nároky na výrobní výkon a produktivitu a dále nároky na spolehlivost, jsou** obory „Machine Tools“ a „Precision Engineering“, jejichž produkty využívají pokročilou elektroniku, zpracování dat, komunikaci a řízení (jedná se o mechatronické produkty). Zpravidla se jedná o primární výrobu, jejíž produkty (stroje, zařízení, komponenty) užívají navazující strojírenská odvětví, anebo nestrojírenské obory zpracovatelského průmyslu.
V množině strategicky významných produktů oborů „Machine Tools“ a „Precision Engineering“ jsou především zastoupeny: **obráběcí stroje, tvářecí stroje, stroje pro aditivní výrobu, související automatizaci a nástroje**, **přesné strojírenské komponenty** (ložiska, spojky, motory, převodovky a další konstrukční prvky pro přenos momentů a sil, včetně hydrauliky, které jsou základem stavby většiny průmyslových a spotřebních produktů a umožňují stavbu sekundárních výrobních strojů, tedy strojů a zařízení pro další zpracovatelský průmysl). Dále do skupiny patří **komplexní strojní zařízení** pro manipulaci, dopravu, procesní skladování, čištění, měření, balení, tištění, chlazení, sušení, klimatizaci, stlačování médií a další operace umožňující vytváření specifických strojů, zařízení, výrobních buněk, výrobních linek a výrobních podniků. Rovněž zahrnuje do oblasti **přesné a produktivní sekundární výrobní stroje**, které jsou základem další výroby, stavby výrobních podniků a jedná se například o textilní stroje, tiskařské stroje, balicí stroje, potravinářské stroje, atd. Do sledované skupiny přesné strojírenské výroby patří také výroba zbraní, výroba přístrojů a měřicí techniky, výroba forem a výroba nástrojů pro tváření a vstřikování. Patří sem také výzkumná témata i z oblastí produkce: stavební stroje, zemědělské a lesnické stroje, potravinářské stroje, stroje pro těžbu a dobývání a technologické celky do všech typů

průmyslu, ale musí se jednat o produkty s vysokou technickou náročností, které standardně potřebují výzkum a vývoj pro jejich inovace.
Jak uvádí ČSÚ a MPO, jsou stroje, zařízení a komponenty z oborů „Machine Tools“ a „Precision Engineering“ hlavním indikátorem stavu a dalšího vývoje českého hospodářství. Tyto obory se v roce 2014 podílely téměř 8% na tržbách za vlastní výrobky a služby zpracovatelského průmyslu ČR, čímž obsadily pomyslné druhé místo v rámci zpracovatelského průmyslu za výrobou motorových vozidel. Z dlouhodobých statistik patří sledované obory „Machine Tools“ a „Precision Engineering“ mezi obory s vysokou přidanou hodnotou, stabilním většinovým podílem exportu a obory s technologickou náročností spadající do sektoru hi-tech a medium hi-tech. Produkty těchto oborů (bez produktů vázaných na automotive, dopravní techniku a letectví, které jsou hodnoceny zvlášť) tvoří dohromady průměrné roční tržby za prodej vlastních výrobků a služeb přibližně 60 mld. Kč a obory zaměstnávají přibližně 27 tis. zaměstnanců. Produkce oborů vykazuje dlouhodobě kladné saldo zahraničního obchodu ve výši přibližně 19 mld. Kč a exportuje více jak 80% své produkce. Produkty sledované skupiny jsou v přímé konkurenci celosvětového trhu a musí obstát v jakékoliv globální konkurenci. Průměrná přidaná hodnota na zaměstnance pak představuje přibližně 820 tis. Kč. Teritoriem, do kterého směřuje největší objem vývozu, je již tradičně Německo. V roce 2014 představoval tento vývoz přes 32% celkového objemu vývozu. Postupně narůstající objemy vývozu svědčí o trvale se zlepšující kvalitě, technické úrovni a konkurenceschopnosti výrobků. Pokračuje pozitivní vývoj exportní výkonnosti, která je ale podmíněna investicemi do výzkumu a vývoje, zvyšováním kvalifikace pracovníků a přizpůsobení se podniků stále tvrdšímu konkurenčnímu prostředí.
V komoditní struktuře vývozu i dovozu patří mezi nejúspěšnější produkty energetického strojírenství (komponenty a zařízení pro energetiku), výrobky z oblasti klimatizace a chlazení, obráběcí a tvářecí stroje, ostatní výrobní stroje a další strojírenské výrobky s vysokou přidanou hodnotou jako zbraně, měřicí a zkušební přístroje.
Obory, které kladou nejvyšší nároky a určují špičkové požadované parametry strojů, zařízení a komponentů z hlediska zákazníků, jsou především energetická technika, výroba automobilů, letecká výroba, těžká transportní technika a přístrojová technika.

Identifikace potřeb a příležitostí, zaměření podpory

Globální odborná strategie oborů „Machine Tools“ a „Precision Engineering“, která umožňuje posilovat konkurenceschopnost, představuje:

1. Zvyšování přesnosti - především zvyšování geometrické a rozměrové přesnosti v malých i velkých rozměrech dílců, komponentů, strojů a metod.

2. Zvyšování jakosti - především zvyšování jakosti povrchů, cílené pozitivní ovlivňování charakteristik integrity povrchů.

3. Zvyšování výrobního výkonu - zvyšování krátkodobého i dlouhodobého výrobního výkonu strojů a zařízení, ale také výkonových charakteristik dílců a komponentů.

4. Zvyšování spolehlivosti - zvyšování spolehlivosti produktů, funkcí a procesů.

5. Zvyšování hospodárnosti - minimalizace jednotkových nákladů na produkty, minimalizace nákladů provozu a nákladů na obsluhu a minimalizace nákladů na samotné pořízení produktů.

6. Snižování negativních dopadů na životní prostředí - minimalizace negativních dopadů produktů na životní prostředí v rámci celého životního cyklu.

Výrobu a vývoj high-tech produktů oborů „Machine Tools“ a „Precision Engineering“ a obecně strojírenství doprovází vysoké náklady na inovace a/nebo na výzkum a vývoj. Soustředěná podpora státu a EU ve vazbě na strategii RIS3 může vést k částečnému podílu na těchto výdajích s cílem akcelerovat perspektivní témata výzkumu, vývoje a inovací a jejich uplatnění ve výrobě a produkci.

Následují perspektivní oblasti a směry výzkumu, vývoje a inovací, které je třeba ze strany SR a EU podporovat orientovanými dotacemi do výzkumu, vývoje a inovací na úrovni zdokonalené institucionální i účelové podpory. Perspektivní oblasti a témata, jejichž řešení přispívá k naplňování strategie sektoru a hlavních cílů sektoru ve VaVaI, jsou tyto:

V kontextu **optimalizace produktů** je třeba realizovat výzkum a vývoj a připravovat průmyslově využitelné metody, techniky, postupy a zejména softwarové nástroje pro optimalizaci návrhu produktů strojírenství a pro optimalizaci jejich užívání. Cílem optimalizačních nástrojů je zvyšovat hlavní užitné vlastnosti produktů při minimalizaci nákladů na vývoj, výrobu, užití a minimalizaci rizik pro výrobce, uživatele a okolí.
V rámci **nové koncepce a provedení produktů** je třeba provádět výzkum a vývoj nových koncepčních, strukturálních, konstrukčních a realizačních podob strojírenských produktů, které odstraňují nedostatky a posouvají hranice v dosahované přesnosti, jakosti, výkonu, spolehlivosti a hospodárnosti, včetně bioniky a bio- inspirovaných přístupů ve strojírenství.
V problematice **nových a progresivních technologií** je třeba provádět výzkum a vývoj zdokonalených a nových technologických postupů, principů a procesních parametrů pro všechny základní strojírenské výrobní technologie: obrábění, tváření (včetně vstřikování), aditivní výrobu a hybridní výrobu (kombinující subtraktivní a aditivní technologie), které vedou k výkonnějším, přesnějším a jakostnějším výsledkům procesů.
U **virtualizace produktů a technologií** je třeba provádět výzkum a vývoj experimentálně ověřených a průmyslově použitelných technik a nástrojů pro virtuální návrh výroby, virtuální návrh produktů, virtuální technologické zpracování, virtuální měření a diagnostiku.
V **rámci komponentů, systému a řízení** je třeba provádět výzkum a vývoj komponent, principů, systémů a algoritmů pro měření a řízení produktů během jejich výroby i užívání a návrh technik pro aktivní zpětnou vazbu ovlivňující vlastnosti, chování, tvar, polohu, teplotu, atd. produktů.
V kontextu **SW vlastností a digitalizace** je třeba provádět výzkum a vývoj hardwarových, ale především softwarových technik a aplikací, které rozšiřují a zvyšují přidanou hodnotu strojírenských produktů pro uživatele.
V oblasti **zdokonalování známých materiálů** je třeba provádět výzkum a vývoj detailních vlastností a technologií zpracování existujících (známých) kovových a nekovových (zejména

plastových a kompozitních) materiálů užívaných ve strojírenství s cílem zvýšit efektivitu a výkon jejich zpracování (obrábění, tváření, vstřikování, nanášení, 3D tisk).
U **nových materiálů** je třeba provádět výzkum a vývoj nových nebo inovovaných kovových i nekovových (zejména plastových a kompozitních) materiálů a materiálových struktur (hybridních materiálů) se zvýšenou odolností proti opotřebení, s minimalizovaným třením v kombinaci s běžnými materiály, sníženou hmotností, zvýšeným poměrem specifické tuhosti, specifické pevnosti a dalších specifických a měrných veličin s vazbou na nákladovost a cenovou dostupnost pro klíčové strojírenské aplikace (obrábění, tváření, vstřikování, nanášení, 3D tisk). Dále sem řadíme materiály a technologie pro aditivní a environmentálně šetrnou výrobu, integrace konvenčních (subtraktivní) a aditivních technologií.
V rámci **rozšíření užití kompozitů** je třeba provádět výzkum a vývoj levnějších vláknových i částicových kompozitů, které se vlastnostmi blíží špičkovým vláknovým kompozitům.
V oblasti **materiálů pro aditivní technologie** je třeba provádět výzkum a vývoj materiálů, forem materiálů (prášky, dráty, pelety, atp.) a procesních technologických parametrů zpracování pro aditivní technologie (tepelné procesy navařování i kinetická depozice za nízkých teplot) a hybridní technologie.
Při **zdokonalování povrchů** je třeba provádět výzkum a vývoj pokročilých povrchových úprav a modifikací povrchů dílců a komponent se zaměřením na zvýšení jejich užitných vlastností. Generickou oblastí se širokým spektrem uplatnění **nanotechnologií** je ochrana povrchů, kdy lze využít antikorozních, samočistících, otěruvzdorných a dalších vlastností nanomateriálů ve strojírenství.
V **kontextu oprav a recyklací** je třeba provádět výzkum a vývoj metod pro rekonstrukci tvaru opotřebených dílců, rekonstrukci funkčních povrchů dílců a materiálových struktur a metod pro efektivní recyklaci strojírenských produktů.

Globální sektorová strategie strojírenské výrobní techniky (SVT) a přesného strojírenství (PS) představuje:

- Zvyšování přesnosti - především zvyšování geometrické a rozměrové přesnosti v malých i velkých rozměrech dílců, komponentů, strojů a metod.
- Zvyšování jakosti - především zvyšování jakosti povrchů, cílené pozitivní ovlivňování charakteristik integrity povrchů.
- Zvyšování výrobního výkonu - zvyšování krátkodobého i dlouhodobého výrobního výkonu strojů a zařízení, ale také výkonových charakteristik dílců a komponentů.
- Zvyšování spolehlivosti - zvyšování spolehlivosti produktů, funkcí a procesů.
- Zvyšování hospodárnosti - minimalizace jednotkových nákladů na produkty, minimalizace nákladů provozu, nákladů na obsluhu a minimalizace nákladů na samotné pořízení produktů.
- Snižování negativních dopadů na životní prostředí - minimalizace negativních dopadů produktů na životní prostředí v rámci celého životního cyklu.

Následují perspektivní oblasti a směry výzkumu, vývoje a inovací, které je třeba ze strany SR a EU podporovat orientovanými dotacemi do výzkumu, vývoje a inovací na úrovni institucionální i účelové podpory. Perspektivní oblasti a témata, jejichž řešení přispívá k naplňování strategie sektoru a hlavních cílů sektoru ve VaVaI, jsou tyto:

- **Optimalizace produktů**
    - VaV průmyslově využitelných metod, technik (zvláště konstrukčních, výpočtových a optimalizačních), postupů a zejména software pro návrh optimálních strojů, zařízení, přístrojů, komponent, systémů, výrobků, výrobních buněk, výrobních systémů a průmyslových investičních celků (produktů) a pro optimalizaci jejich užívání.
    - Vývoj nástrojů a metod, které umožňují zachovat nebo zvyšovat užitné vlastnosti produktů při minimalizaci nákladů na vývoj, výrobu, užití a při minimalizaci rizik pro výrobce, uživatele a okolí.
    - Nástroje umožňující optimalizace jednoho i více parametrů současně a umožňující multifyzikální optimalizace (např. optimalizace teplotních a frekvenčních vlastností současně).
    - Vytváření nástrojů a metod, především SW, které podporují rychlý vývojový proces a minimalizují rizika při vývoji produktů i návrhu technologie jejich výroby, zpracování, montáže a jejich následného užívání.
    - VaV nových metod a SW pro možnost plného využívání potenciálu nových aditivních technologií a nových materiálů, zejména s využitím principů bioniky a bio-inspirovaných přístupů ve strojírenství.
    - VaV metod pro optimální návrh a provoz/užívání produktů s ohledem na bezpečnost a interakci s obsluhou a okolím.
    - VaV matematických modelů, které jsou základem pro optimalizační úlohy a které mohou být užívány pro vývoj produktů nebo které mohou být užity během provozu produktů jako virtuální obrazy skutečných produktů (Cyber-physical Systems) a mohou umožnit zdokonalené/optimální využívání produktů.

- **Nové koncepce a provedení produktů**
    - VaV nových koncepčních, strukturálních, konstrukčních a realizačních podob strojů, zařízení, přístrojů, komponent, systémů, software a výrobků (produktů), které odstraňují nedostatky a posouvají hranice v dosahované přesnosti, jakosti, výkonu, spolehlivosti a hospodárnosti a zákazníkovi nabízí vyšší parametry hlavních užitných vlastností.
    - Vyhledávání zcela nových forem, principů, podob a tvarů strojírenských produktů, které umožňují zvyšovat užitné vlastnosti žádané uživateli.

- VaV řešení umožňujících efektivní využívání produktů v širokém spektru pracovních podmínek (teplotních, výkonových, rozměrových, atp.).
- VaV uplatnění nových materiálů, pohonů, senzorů, technik regulace a řízení a dalších pokročilých výsledků v KETs a ve vstupních odvětvích (které ovlivňují specificky orientovanou strojírenskou produkci) pro aplikaci ve strojírenských produktech.
- VaV adaptace stávající produkce na koncept Průmysl 4.0 z hlediska multifunkčnosti a adaptability produktů.
- VaV nových koncepčních, strukturálních, konstrukčních a realizačních podob produktů s ohledem na bezpečnost, interakci s obsluhou, interakci s okolím a s ohledem na legislativní a formální požadavky.
- VaV v oblasti pokročilé robotiky, pokročilého a nekonvenčního využívání robotů, v oblasti kybernetiky, agent systems, emergentního chování, cyber-fyzikální podoby strojírenských produktů, self-learning systémů a systémů interakce člověk-stroj.
- VaV nových a zdokonalených technologií a zařízení pro efektivní a pokročilou produkci energií, distribuci a skladování energie a pro integrovaná energetická řešení.
- Bionika a bio-inspirované přístupy ve strojírenství.

- **Nové a progresivní technologie**
  - VaV zdokonalených a nových technologických postupů, principů a procesních parametrů obrábění, které umožní zpracování dosud těžko obrobitelných materiálů, které umožní zvyšování výrobního výkonu, spolehlivosti procesu a které umožňují realizovat přesnější výrobu s lepší integritou povrchu při zachování ekonomické efektivity výroby (např. řešení témat mikroobrábění, obrábění těžkoobrobitelných a vzácných materiálů)
  - VaV zdokonalených a nových technologických postupů, principů a procesních parametrů tváření, včetně vstřikování, které umožní zpracování dosud těžko tvářitelných materiálů, které umožní zvyšování výrobního výkonu, spolehlivosti procesu a které umožňují realizovat přesnější výrobu s lepší integritou povrchu při zachování ekonomické efektivity výroby (např. řešení přesného tváření, tváření nových a nestandardních materiálů, laserové sintrování).
  - VaV zdokonalených a nových technologických postupů, principů a procesních parametrů aditivní výroby, včetně hybridní výroby (hybrid manufacturing), které umožní zpracování dosud nezpracovávaných materiálů, které umožní zvyšovat spolehlivost materiálových vlastností takto vytvářených dílců a umožní zvyšovat výrobní výkon, přesnost a jakost povrchů. Řešení zvyšování produktivity a snižování nákladů na technologie AM a HM.

- VaV software, simulačních a modelovacích technik a postupů pro modelování technologických procesů s cílem je využít pro virtuální ladění technologie, pro získávání okrajových podmínek pro návrh technologických zařízení a strojů a s cílem realizovat cyber-fyzikální technologické procesy, kde je možné virtuální proces na pozadí užít jako zdroj pro nadřazené zpětné vazby řídicí technologii, stroj nebo vyšší celek.
- VaV pokročilých software a softwarových modulů (např. postrpocesorů) pro efektivní a produktivní technologické využití moderních, složitých, komplexních a multifunkčních strojů a produktů, které nelze bez pokročilé SW podpory vůbec efektivně užívat. VaV software pro přípravu technologie i pro sledování, diagnostiku a vyhodnocování procesních parametrů, výkonu a spolehlivosti technologických procesů.
- VaV metod, postupů, zařízení a produktů pro sledování technologických procesů, jejich monitoring a měření. Zdokonalování technologií, metod, zpracování dat a zařízení pro postprocesní i inprocesní kontrolu výroby a realizace zpětných vazeb do výrobní technologie.

- **Virtualizace produktů a technologií**
  - VaV ověřených a průmyslově použitelných technik a nástrojů pro virtuální návrh výroby, virtuální návrh produktů, virtuální technologické zpracování, virtuální měření a diagnostiku.
  - VaV metod ale i konkrétních modelů dílců, komponent, systémů, strojů a zařízení, které jsou vhodné v návrhové fázi, kdy je vyvíjen produkt a kdy je třeba realizovat virtuální testování vlastností (např. virtuální obrábění, vstřikování, tváření, běh hydraulického systému, ventilace, chlazení, běh převodovky, atd., ale také predikce fyzikálních vlastností, např. vodivosti, zateplení, izolace elektrického proudu, tepelné odolnosti, tepelné stability, magnetických vlastností, tvrdosti, odolnosti proti vibracím, atp.). Tyto modely je třeba vyvíjet s cílem jejich možného užití v optimalizačních procesech.
  - VaV vhodných metod a modelů pro stavbu virtuálních produktů, které "běží" paralelně na pozadí využití skutečného produktu a umožňují v rámci konceptu Průmysl 4.0 realizovat cyber-fyzikální produkty, kde pro zpětnou vazbu, měření, diagnostiku atp. užíváme reálná i virtuální data a vstupy.

- **Komponenty, systém a řízení**
  - VaV komponent, principů, systémů a algoritmů pro měření a řízení produktů během jejich výroby i užívání a návrh technik pro aktivní zpětnou vazbu ovlivňující vlastnosti, chování, tvar, polohu, teplotu, atd. u produktů.
  - Návrh nových technik pro měření, regulaci a kompenzaci polohy, statické a dynamické tuhosti a obecně deformací a posunutí v čase pod vlivem technologického procesu a okolí.

- VaV systémů pro zvyšování přesnosti a spolehlivosti a pro snižování energetické náročnosti, snižování zátěže životního prostředí, snižování parazitních vibrací a deformací.
- VaV technik umělé inteligence a self-learning metod použitelných ve strojírenství, které umožní zvyšovat užitné vlastnosti a individualizaci produktů.
- Vývoj inovovaných a nových akčních prvků (aktuátorů, pohonů, ventilů, atd.) s možností pokročilé diagnostiky a zpětnovazebního řízení.
- Rozšiřování šířky účinnosti a použitelnosti komponentů, konstrukčních prvků, skupin, uzlů, snímačů, regulačních metod a řídicích systémů (např. širší frekvenční rozsahy, širší rozsahy teplot, otáček, momentů, výkonu, sil, atd.).

- **SW vlastnosti a digitalizace**
  - VaV hardwarových ale především softwarových technik a aplikací, které rozšiřují a zvyšují přidanou hodnotu strojírenských produktů pro uživatele, a které umožní specifickou customizaci produktu s minimem fyzických zásahů do produktu.
  - Rozšiřování funkcí řídicích systémů, zdokonalování interakce s obsluhou, zdokonalování komunikačních možností s nadřazenými systémy, pokročilá analýza měřených a sledovaných dat produktů a procesů.
  - VaV technik pro bezpečný a HW nenáročný přenos dat ve strojírenských produktech (zabezpečení sítí v průmyslových procesech, pokročilá a bezpečná komunikace (radio, bezdrátové připojení, mikrovlny, dálkové ovládání a přenos dat).
  - VaV technik pro uplatňování konceptu digitální výroby (modelování, simulace, vizualizace, automatizace a řízení procesů, analýza velkých objemů dat pro výrobu), embeded inteligence pro zlepšení provozní produktivity.
  - Vývoj HW a SW prostředků pro širší uplatňování konceptu Průmysl 4.0, tam kde je to účelné a efektivní.

- **Zdokonalování známých materiálů**
  - VaV detailních vlastností a technologií zpracování existujících (známých) kovových a nekovových (zejména plastových a kompozitních) materiálů užívaných ve strojírenství s cílem zvýšit efektivitu a výkon jejich zpracování (obrábění, tváření, vstřikování, nanášení, 3D tisk).
  - VaV metod a analýz pro podporu optimálního zpracování (technologického, chemického i tepelného) s cílem řízeně ovlivňovat vnitřní pnutí, integritu povrchu, tvrdost, materiálovou strukturu a případně i další mikro a makro vlastnosti dílců.

- Výzkum zpracování a modifikace materiálů pro specifické aplikace, účely a nové a progresivní obory (vstřikování, AM, moderní lékařství, letectví, energetika, automotive, atd.).
- VaV vlastností a procesní optimalizace pro spojování, spojovací materiály a spojovací technologie (lepení, tmelení, pájení, svařování, atd.).
- VaV technik pro simulace a modelování vlastností materiálů a jejich změn během výrobního procesu, příprava dat pro nadřazené optimalizace technologie a dílců.

- **Nové materiály**
  - VaV nových nebo inovovaných kovových i nekovových (zejména plastových a kompozitních) materiálů a materiálových struktur (hybridních materiálů) se zvýšenou odolností proti opotřebení, s minimalizovaným třením v kombinaci s běžnými materiály, sníženou hmotností, zvýšeným poměrem specifické tuhosti, specifické pevnosti a dalších specifických a měrných veličin s vazbou na nákladovost a cenovou dostupnost pro klíčové strojírenské aplikace (obrábění, tváření, vstřikování, nanášení, 3D tisk).
  - VaV nových materiálů pro specifické a nové oblasti užití (letectví, energetika, lékařství, elektronika, extrémní odolnosti proti teplotám a kyselinám, atd.).
  - VaV nových materiálů pro spojování (např. vysokoteplotně odolné spoje).
  - VaV materiálů a struktur se zvýšeným vnitřním tlumením a s efektivnějším tlumením strukturálních i lokálních vibrací. Řízené zvyšování tlumení konstrukcí pomocí nových materiálů nebo přídavných materiálů.
  - VaV nových technik, přístupů a aplikací environmentálních technologií a inženýrství, zejména ve zpracování procesních materiálů (vodní a odpadové hospodářství) a v oblasti opětovného použití materiálu (recyklace). VaV v oblasti materiálů a technologií pro aditivní a environmentálně šetrnou výrobu, integrace konvenčních (subtraktivní) a aditivních technologií.

- **Rozšíření užití kompozitů**
  - VaV levnějších vláknových i částicových kompozitů, které se vlastnostmi blíží špičkovým vláknovým kompozitům.
  - VaV způsobů k maximálně efektivnímu (cenově a vlastnostmi optimálnímu) využití špičkových vláknových i částicových kompozitů ve strojírenství.
  - VaV technik spojování kompozitů navzájem a kompozitů a ostatních materiálů (např. laserové svařování kompozitů a plastů, laserové úpravy povrchů pro aplikaci lepidel a tmelů, atp.).
  - VaV SW nástrojů pro podporu konstruktérů navrhujících dílce z kompozitů s neizotropními vlastnostmi.

- **Materiály pro aditivní technologie**
  - VaV materiálů, forem materiálů (prášky, dráty, pelety, atp.) a procesních technologických parametrů zpracování pro aditivní technologie (tepelné procesy navařování i kinetická depozice za nízkých teplot) a hybridní technologie.
  - VaV vazeb mezi procesními parametry, chemickým složením materiálů, formou materiálu, užitou technologií, okrajovými podmínkami procesu a výslednými vlastnostmi materiálu zpracovaného metodami AM a HM.
  - VaV technologií a procesních parametrů pro efektivní spojování (svařování, pájení, lepení, atp.) a povrchové úpravy dílců vyrobených aditivními metodami (AM a HM).
  - VaV technik pro lokální povrchové úpravy a modifikace.

- **Zdokonalování povrchů**
  - VaV pokročilých povrchových úprav a modifikací povrchů dílců a komponent se zaměřením na zvýšení jejich užitných vlastností.
  - VaV metod zdokonalení povrchu se zaměřením na cílenou modifikaci tvrdosti, rezistence proti korozi, frikčních vlastností, minimalizaci kontaminace okolí, životnosti, chemické odolnosti a dalších mechanických, elektrických, optických a tepelných vlastností je velmi progresivní a materiálově efektivní technika zvyšování užitných vlastností.
  - VaV metod a technik pro zvýšení homogenity a trvanlivosti vlastností povrchových úprav při současné minimalizaci tlouštěk povrchových vrstev a ovlivnění rozměrů dílců.
  - Nanotechnologické ochrany povrchů.

- **Opravy a recyklace**
  - VaV metod pro rekonstrukci tvaru opotřebených dílců, rekonstrukci funkčních povrchů dílců a materiálových struktur.
  - VaV aditivních, hybridních, depozičních a povlakovacích metod, materiálů a technologií pro obnovení tvaru a vlastností dílců a komponent.
  - VaV metod pro efektivní recyklaci strojírenských produktů.

5. Detailní strategie oboru SVT komplementární s RIS3

Vzhledem ke skutečnosti, že v roce 2016 vstoupila v platnost nově národní strategie chytré specializace ČR (RIS3), tak TPSVT přistoupila k radikálnímu kroku přepracování oborové SVA tak, aby byla kompatibilní s RIS3 strategií a mohla být lépe uplatněna při plánování budoucích kolaborativních projektů VaV. Pro možnost projednávání strategie s experty byl vytvořen návrh podmnožiny RIS3 strategie se specifickým zaměřením na oblast SVT. Tato podmnožina témat je ohodnocena z hlediska významnosti tématu pro podporu konkurenceschopnosti a tvoří detailní strategickou výzkumnou agendu oboru SVA s ohledem na komplementaritu k RIS3.

Skupina témat VaVaI		Strategická témata VaVaI v oboru SVT pro zvyšování hlavních užitných vlastností	Popis témat	1-min. preference, 5 - max. preference. **Významnost tématu VaVaI pro podporu konkurenceschopnosti**
Optimalizace výrobních strojů a zařízení	1.	**návrh optimálních výrobních strojů**	VaV průmyslově využitelných metod, technik (zvláště konstrukčních, výpočtových a optimalizačních), postupů a SW pro návrh optimálních výrobních strojů (obráběcí, tvářecí a aditivní stroje) a výrobních buněk z hledisek: - optimalizace jejich užívání - zvyšování / zlepšování užitných vlastností (hmotnost, tuhost, topologie, teplotní symetrie) - minimalizaci nákladů na vývoj, výrobu a užívání (energetická náročnost) - zrychlení vývojového procesu - zvýšení bezpečnosti provozu, interakce s obsluhou a okolím Vývoj nástrojů umožňujících optimalizace jednoho a především více parametrů současně (optimalizace zároveň teplotních a frekvenčních vlastností stroje).	**5**

	2.	**návrh optimálních komponent**	VaV průmyslově využitelných metod, technik, postupů a SW pro návrh optimálních komponent , systémů a periferních zařízení (pohony, vřetenové jednotky, brzdy, převodové skříně, rozvody, chladicí systémy, hydraulika, senzorika atp.) ve výrobních strojích z hledisek: - optimalizace jejich užívání - zvyšování / zlepšování užitných vlastností (výkon, otáčky, momenty, tření, odolnost proti opotřebení) - minimalizaci nákladů na vývoj, výrobu a užívání (energetická náročnost) - zrychlení vývojového procesu - snadné montáže, údržby, výměny funkčních částí Vývoj nástrojů umožňujících optimalizace jednoho a především více parametrů současně (optimalizace zároveň teplotních a frekvenčních vlastností stroje).	**4**
Nové koncepce a provedení výrobních strojů, jejich součástí a skupin	3.	**nové formy principů, podob a tvarů výrobních strojů**	Vyhledávání zcela nových forem, principů, podob a tvarů výrobních strojů a zařízení, které umožňují zvyšovat užitné vlastnosti žádané výrobci a uživateli. Realizace nových podob výrobních strojů a zařízení s ohledem na bezpečnost, interakci s obsluhou, interakci s okolím a s ohledem na legislativní a formální požadavky.	**3**
	4.	**uplatnění pokročilých výsledků**	Uplatnění pokročilých výsledků v KETs (klíčové technologie) pro aplikaci v oblasti výrobních strojů a jejich interakcí: - VaV nových materiálů, pohonů, senzorů, technik regulace a řízení - Vývoj v oblasti pokročilé robotiky, automatizace, pokročilého a nekonvenčního využívání robotů, emergentního chování, self-learning systémů a systémů interakce člověk-stroj. - Vývoj nových a zdokonalených technologií a zařízení pro integrovaná energetická řešení (inteligentní chladicí systémy, rekuperace energií, tepelné hospodářství, využívání tepelných ztrát, myšlenky ecodesign).	**2**
	5.	**rozšiřování víceúčelovosti strojů**	VaV řešení umožňujících efektivní využívání výrobních strojů v širokém spektru pracovních podmínek (teplotních, výkonových, rozměrových, atp.); rozšiřování víceúčelovosti strojů.	**4**
Nové a progresivní technologie	6.	**zpracování dosud těžko obrobitelných a tvářitelných materiálů**	VaV zdokonalených a nových technologických postupů, principů a procesních parametrů obrábění, které umožní zpracování dosud těžko obrobitelných a tvářitelných materiálů, které umožní zvyšování výrobního výkonu, spolehlivosti procesu a které umožňují realizovat přesnější výrobu s lepší integritou povrchu při zachování ekonomické efektivity výroby (např. řešení témat obrábění těžkoobrobitelných a vzácných materiálů, řešení přesného tváření a tváření nových a nestandardních materiálů).	**4**

	7.	**modelování technologických procesů**	VaV software, simulačních a modelovacích technik a postupů pro modelování technologických procesů s cílem je využít pro: - virtuální ladění technologie - získávání okrajových podmínek pro návrh technologických zařízení, strojů nebo vyšších celků, kde je možné virtuální procesy na pozadí užít jako zdroje pro nadřazené zpětné vazby	**5**
	8.	**příprava technologie, monitoring, zpracování dat, realizace zpětných vazeb**	VaV softwarových modulů (např. postprocesorů), metod, postupů a zařízení pro: - efektivní a produktivní technologické využití moderních, složitých, komplexních a multifunkčních strojů, které nelze bez pokročilé SW podpory vůbec efektivně užívat - přípravu technologie, vyhodnocování procesních parametrů a spolehlivosti technologických procesů - měření technologických procesů, jejich monitoring a sledování (inteligentní senzorika) - zdokonalování technologií, metod, zpracování dat a zařízení pro postprocesní i inprocesní kontrolu výroby - realizace zpětných vazeb do výrobní technologie.	**4**
	9.	**aditivní výroba**	VaV zdokonalených a nových technologických postupů, principů a procesních parametrů aditivní výroby (aditive manufacturing, AM), včetně hybridní výroby (hybrid manufacturing, HM), které umožní zpracování dosud nezpracovávaných materiálů, které umožní zvyšovat spolehlivost materiálových vlastností takto vytvářených dílců a umožní zvyšovat výrobní výkon, přesnost a jakost povrchů. Řešení zvyšování produktivity a snižování nákladů na technologie AM a HM.	**3**
Virtualizace výrobních strojů a technologií	10.	**návrhová fáze kdy je vyvíjen nový výrobní stroj**	VaV metod ale i konkrétních modelů dílců, komponent, systémů a zařízení, které jsou vhodné v návrhové fázi, kdy je vyvíjen nový výrobní stroj a kdy je třeba realizovat virtuální testování jeho vlastností (např. virtuální obrábění, vstřikování, tváření, běh hydraulického systému, ventilace, chlazení, běh převodovky, atd., ale také predikce fyzikálních vlastností, např. tepelné vodivosti, zateplení, izolace, teplotně-mechanického chování, strukturálních a modálních vlastností atp.). (*Tyto modely je třeba vyvíjet s cílem jejich možného užití v optimalizačních procesech.)	**4**
	11.	**stavba virtuálních strojů a zařízení, které běží paralelně na pozadí aktivního reálného výrobního stroje**	VaV vhodných metod, modelů a algoritmů pro stavbu virtuálních strojů a zařízení, které "běží" paralelně na pozadí aktivního reálného výrobního stroje a umožňují v rámci konceptu Průmysl 4.0 realizovat fyzikální modely, které pro zpětnou vazbu (ovlivňující vlastnosti, chování, tvar, polohu, přesnost, atd.), měření, diagnostiku a řízení během výroby užívají reálná i virtuální vstupní data.	**4**

Komponenty, systém a řízení	12.	**nové techniky pro měření, regulaci a kompenzaci**	Návrh nových technik pro měření, regulaci a kompenzaci (pokročilé matematické modely) - polohy - statické a dynamické tuhosti - teplotních a obecně deformací a posunutí v čase pod vlivem technologického procesu (obrábění, tváření, navařování atp.) a okolního prostředí v celém pracovním prostoru výrobního stroje (tzn. zahrnutí volumetrie stroje).	**3**
	13.	**self-learning metody**	VaV self-learning metod použitelných ve strojírenství, které umožní zvyšovat užitné vlastnosti a individualizaci na úrovni celého výrobního stroje či zařízení. Vývoj inovovaných a nových akčních prvků (aktuátorů, pohonů, ventilů, atd.) s možností pokročilé diagnostiky a zpětnovazebního řízení. Rozšiřování šíře účinnosti a použitelnosti komponentů, konstrukčních prvků, skupin, uzlů, snímačů, regulačních metod a řízení (např. širší frekvenční rozsahy, širší pokrytí teplot, rozsahy otáček, momentů, výkonu, sil, atd.).	**3**
	14.	**energetická náročnost**	VaV systémů pro zvyšování či udržení přesnosti a spolehlivosti s přímou vazbou na snižování energetické náročnosti provozu stroje a eliminaci dopadu na životního prostředí v rámci jeho užívání; snižování parazitních vibrací a deformací.	**4**
SW vlastnosti a digitalizace	15.	**rozšiřování funkcí řídících systémů**	Rozšiřování funkcí řídicích systémů (vizualizací, zpřehlednění a uspořádání pokročilých aplikací), zdokonalování interakce s obsluhou, zdokonalování komunikačních možností s nadřazenými systémy, pokročilá analýza měřených a sledovaných dat produktů a procesů.	**4**
	16.	**bezpečný a HW nenáročný přenos dat**	VaV technik pro bezpečný a HW nenáročný přenos dat ve strojírenských produktech, jejich vzájemné interakci a interakci s obsluhou (zabezpečení sítí v průmyslových procesech, pokročilá a bezpečná komunikace (radio, bezdrátové připojení, mikrovlny, dálkové ovládání a přenos dat)).	**2**
	17.	**uplatňování konceptu Průmysl 4.0, digitální výroby, a analýza velkých objemů dat**	Vývoj HW a SW prostředků pro širší uplatňování konceptu Průmysl 4.0, tam kde je to účelné a efektivní (reálné ukotvení a využití myšlenek konceptu Průmysl 4.0). VaV technik pro uplatňování konceptu digitální výroby (modelování, simulace, vizualizace, automatizace a řízení procesů, analýza velkých objemů dat pro výrobu), embedded inteligence pro zlepšení provozní produktivity.	**4**

Zdokonalování známých a vývoj nových materiálů	18.	**optimální zpracování a modifikace materiálů**	VaV metod a analýz pro podporu optimálního zpracování (technologického, tepelného) s cílem řízeného ovlivňování detailních vlastností: - vnitřní pnutí - integritu povrchu - tvrdost - materiálovou strukturu - další mikro a makro vlastnosti dílců Výzkum zpracování a modifikace materiálů pro specifické aplikace, účely a nové a progresivní obory (vstřikování, AM, moderní lékařství, letectví, energetika, automotive, atd.).	**1**
	19.	**spojování, spojovací materiály a spojovací technologie**	VaV vlastností a procesní optimalizace pro spojování, spojovací materiály a spojovací technologie (lepení, tmelení, pájení, svařování, atd.).	**1**
	20.	**simulace a modelování vlastností materiálů**	VaV technik pro simulace a modelování vlastností materiálů a jejich změn během výrobního procesu, příprava dat pro nadřazené optimalizace technologie a zpracování dílců.	**2**
	21.	**vývoj nových materiálů**	Vývoj nových materiálů pro specifické a nové oblasti užití (letectví, energetika, lékařství, elektronika, extrémní odolnosti proti teplotám a kyselinám, atd.) zvláště pak materiálů a struktur: - se zvýšeným vnitřním tlumením - s efektivnějším tlumením strukturálních i lokálních vibrací VaV nových materiálů pro spojování (např. vysokoteplotně odolné spoje). VaV nových technik, přístupů a aplikací environmentálních technologií a inženýrství, zejména v oblasti opětovného použití materiálu (recyklace, aditivní, environmentálně šetrná výroba).	**1**
Rozšíření užití kompozitů	22.	**dosažení maximálně efektivního využití špičkových vláknových a částicových kompozitů**	VaV způsobů dosažení maximálně efektivního (cenově a vlastnostmi optimálního) využití špičkových vláknových a částicových kompozitů ve strojírenství a vývoj SW nástrojů pro podporu konstruktérů navrhujících dílce z těchto materiálů.	**3**
Materiály pro aditivní technologie	23.	**materiály pro aditivní technologie**	VaV materiálů, forem materiálů (prášky, dráty, pelety, atp.) a procesních technologických parametrů zpracování pro aditivní technologie (tepelné procesy navařování i kinetická depozice za nízkých teplot) a hybridní technologie. Výzkum vazeb mezi: - procesními parametry - formou materiálu, - užitou technologií, - okrajovými podmínkami procesu a - výslednými vlastnostmi materiálu zpracovaného metodami AM a HM.	**2**

	24.	**efektivní spojování a dokončovací operace**	VaV technologií a procesních parametrů pro: - efektivní spojování (svařování, pájení, lepení, atp.) - povrchové úpravy - dokončovací operace na dílcích vyrobených aditivními metodami (AM a HM).	**2**
Zdokonalování povrchů	25.	**zdokonalení povrchů**	VaV metod zdokonalení povrchu se zaměřením na cílenou modifikaci: - tvrdosti - rezistence proti korozi - frikčních vlastností - minimalizaci kontaminace okolí - životnosti - chemické odolnosti a - dalších mechanických, elektrických, optických a tepelných vlastností pro zvyšování užitných vlastností dílů, dílců, výrobků.	**1**
	26.	**zvýšení homogenity a trvanlivosti povrchových úprav**	VaV metod a technik pro zvýšení homogenity a trvanlivosti vlastností povrchových úprav při současné minimalizaci tlouštěk povrchových vrstev a ovlivnění rozměrů dílců.	**1**
Opravy, renovace a recyklace	27.	**rekonstrukci tvaru a funkční povrchy**	VaV metod pro: - rekonstrukci tvaru opotřebených dílců - rekonstrukci funkčních povrchů dílců - materiálových struktur a - mechanických vlastností dílců a komponent i za využití nekonvenčních (aditivních, hybridních, depozičních a povlakovacích) metod, materiálů a technologií.	**2**
	28.	**renovace stávajících komponent i struktur výrobních strojů a zařízení**	VaV metod a postupů pro renovaci (dovybavení, implementaci) stávajících (starších) komponent i struktur výrobních strojů a zařízení novými, pokročilými součástmi a technologiemi s cílem dosažení vyšších užitných vlastností a splnění požadavků moderní výroby (zkrácení výrobních časů, zvýšení geometrické přesnosti výrobků, dílců, zlepšení dynamických a teplotně-mechanických vlastností, zvýšení výkonu, řezných sil, momentů apod.).	**2**
	29.	**efektivní recyklace**	VaV metod pro efektivní recyklaci strojírenských produktů.	**1**
Technický a funkční design	30.	**krytování z hlediska bezpečnosti obsluhy a vlivu na okolní prostředí**	Návrh krytování z hlediska bezpečnosti obsluhy a vlivu na okolní prostředí (bezpečný odvod procesních kapalin (hydraulická olej, mazivo, řezná kapalina), účinná separace procesních kapalin vzájemně i od nečistot atp.), snižování vlivu krytování na užitné vlastnosti výrobních strojů a zařízení (tření teleskopických krytů, tepelné mosty, ochrana stroje proti vnějším vlivům atp.), inteligentní design (řešení kolize mezi vizualizací a správnou funkčností strojů a komponent). Vše v souladu s moderními požadavky na vizuální podoby strojírenských produktů.	**3**

6. Specifické zaměření SVA dle struktury EU

Zhodnocená významnost odborných témat, která patří na hranici mezi KETs a mezi aktuální oborové trendy dle podniků TPSVT.

Pro možnost posouzení významnosti aktuálních technologických témat pro výrobce strojírenské výrobní techniky a technologie byly osloveni techničtí ředitelé a vrcholní manažeři nejvýznamnějších podniků TPSVT. Tento průzkum umožnil orientovat předpokládaný zájem jak technologických témat tak i navazujících výzkumných témat z IAP TPSVT. Zapojeno bylo 20 respondentů ze 14 firem (HESTEGO a. s., ŠMERAL Brno, a.s., KOVOSVIT MAS, a. s., TAJMAC ZPS, a.s., KULIČKOVÉ ŠROUBY KUŘIM, a.s., TGS obráběcí stroje s.r.o., MISAN s.r.o., TOS ČELÁKOVICE, Pramet Tools, s.r.o., TOS KUŘIM - OS, a.s., SIEMENS, TOS VARNSDORF, a.s., ŠKODA MACHINE TOOL, a.s., TOSHULIN, a.s.), které dohromady tvoří více jak 65% obratu v oboru strojírenská výrobní technika v ČR.

Strukturu odborných témat jsme využili dle standardu pracovní skupiny technologických platforem a klastrů ve středí Evropě NUCLEI, ve které jsme jako platforma zapojeni. Zkoumána byla významnost následujících odborných témat, která patří na hranici mezi KETs a mezi aktuální oborové trendy.

Robotika	• Autonomní mobilní systémy, např. samo se učící roboty, cloud robotika • Doplňky robotů (unášeče, polohovadla) a modelace robotů pro speciální aplikace například v biotechnologie, kontrole jakosti, atd. • Servisní a výrobní oblasti, např. roboty pro údržbu, čištění, atd. • Kolaborativní roboty, pro např. člověk - robot pro výrobní spolupráce
Elektronika pro výrobu	• Elektronika pro vnitřní procesy, systémy a senzorové systémy • Inteligentní a logické systémy, např. řídící jednotky • Přenos dat, např. WLAN • Optimalizace spotřeby energie v elektronice, např. snížení spotřeby elektrické energie
Výrobní procesy	• Optimalizace výrobních procesů • Aditivní výroba, např. 3D tisk • Servis, např. prediktivní údržby, přestavitelné výrobní systémy, atd.
ICT Informační a komunikační technologie	• Analýza dat, např. zpracování velkých objemů dat analytika, umělá inteligence • Zabezpečení dat, např. cloud computing, otevřené platformy, atd. • Softwarové nástroje, například CAD, CAM, řídicí systémy pro různý hardware
Modelování a simulace	• Vizualizace, rozšířená realita • Modely pro kontrolu a údržbu • Simulační software pro např. multi-parametrické simulace technologických procesů • Optimalizace procesů založená na jejich průběžné simulaci • Virtuální uvedení do provozu, např. hardware-in-the-loop (HIL)

Průzkum identifikoval následující významnost jednotlivých odborných témat pro dlouhodobou budoucnost 2020-2030 dotazovaných firem a takto tvoří **Specifické zaměření SVA dle struktury EU** .

Odborné téma z přechodové oblasti KETs a aktuálních trendových témat	Popularita témat dle ČR podniků SVT
ICT Informační a komunikační technologie - Softwarové nástroje, například CAD, CAM, řídicí systémy pro různý hardware	5,35
Výrobní procesy - Optimalizace výrobních procesů	4,94
Elektronika pro výrobu - Inteligentní a logické systémy, např. řídící jednotky	4,47
Modelování a simulace - Simulační software pro např. multi-parametrické simulace technologických procesů	4,41
Elektronika pro výrobu - Elektronika pro vnitřní procesy, systémy a senzorové systémy	4,24
Elektronika pro výrobu - Optimalizace spotřeby energie v elektronice, např. snížení spotřeby elektrické energie	4,18
Výrobní procesy - Servis, např. prediktivní údržby, přestavitelné výrobní systémy, atd.	4,18
Modelování a simulace - Vizualizace, rozšířená realita	4,18
Modelování a simulace - Optimalizace procesů založená na jejich průběžné simulaci	4,12
Modelování a simulace - Modely pro kontrolu a údržbu	4
Výrobní procesy - Aditivní výroba, např. 3D tisk	3,88
Robotika - Doplňky robotů (unašeče, polohovadla) a modelace robotů pro speciální aplikace například v biotechnologie, kontrole jakosti, atd.	3,82
ICT Informační a komunikační technologie - Zabezpečení dat, např. cloud computing, otevřené platformy, atd.	3,65
Modelování a simulace - Virtuální uvedení do provozu, např. hardware-in-the-loop (HIL)	3,59
ICT Informační a komunikační technologie - Analýza dat, např. zpracování velkých objemů dat analytika, umělá inteligence	3,35
Elektronika pro výrobu - Přenos dat, např. WLAN	3,29
Robotika - Servisní a výrobní oblasti, např. roboty pro údržbu, čištění, atd.	2,94
Robotika - Kolaborativní roboty, pro např. člověk - robot pro výrobní spolupráce	2,76
Robotika - Autonomní mobilní systémy, např. samo se učící roboty, cloud robotika	2,47

Z výsledků je patrný značný význam témat: **digitalizace, simulování, software, optimalizace výrobních procesů, pokročilé senzoriky , využívání digitálních dvojčat strojů a technologií, aditivních technologií a nových a speciálních aplikací robotů.** V těchto tématech je nejvýhodnější budoucí dlouhodobé investování do inovací, výzkumu a vývoje produktů a technologií.

7. Nástroje pro naplňování strategie

V následujícím souhrnu je podrobněji uvedeno, jaké možnosti a nástroje (techniky, metody, technologie a dílčí vlastnosti) mohou v příštích letech přispívat ke zvyšování užitných vlastností strojů.
V pravé části tabulky jsou sloupce obsahující zlepšování hlavních užitných vlastností strojů a technologií, které představují strategii oboru. Jednotlivé možnosti a nástroje pro zlepšování hlavních užitných vlastností jsou uvedeny v řádcích. Řádky jsou seřazeny od těch možností a vlastností, které mají potenciální dopad na zlepšování nejširší škály hlavních užitných vlastností, až po ty, které jsou specifické a mají pozitivní dopad především na jednu hlavní užitnou vlastnost.

	Možnosti a nástroje ke zvyšování užitných 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.							❶
2.	**Aplikace nových technik umožňujících** generovat optimalizovaný NC kód s ohledem na dynamické vlastnosti stroje, vřetene, pohonů a řídicího systému. Lépe využívat techniky stávající, již implementované v řídicích systémech a nevyužívané.							❶
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 Aditive 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.							❶

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 obrobeného 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.							❶
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, vřetene, stroje, obrobku s cílem zvýšení výkonnosti a využití instalovaného výkonu. Zásadní je rovněž optimalizace s ohledem na zvýšení spolehlivosti řezného procesu.							❶
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).							❷
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 optimalizaca konstrukce a pohonů. Zaměření těchto nástrojů zejména na multifunkční stroje.							❶
8.	**Nové techniky tvorby a generování postprocesorů** pro složité víceosé NC stroje, multifunkční a hybridní stroje.							❶
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, vřetena 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.							❶

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.							❶
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 probíhajícím 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.							❷
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.							❶
13.	**Rozšiřování technologických možností strojů** (otáčky, momenty, výkony) a jejich příslušenství (nástroje, hlavy, stoly, řezná prostředí).							❶
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.							❶
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.							❶
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.							❶

17.	**Spolehlivější a snazší nasazení senzorů/aktuátorů** založené na kombinaci nebo dalším zpracování v současné době již dostupných a řízených dat/signálů (povede ke snížení počtu zdrojů poruch). Senzorika a způsoby měření se zvýšenou robustností, odolná vůči znečištění, kapalinám, EM rušení, přepětím, chybnému zapojení.							❶
18.	**Tvorba standardů pro výměnu dat a zdokonalenou komunikaci mezi CAM technologiemi obecně a obráběcím strojem** s cílem efektivnějšího využití stroje a zkrácení času přípravy a ladění technologie.							❶
19.	**Sdílení informací a zkušeností získaných z více strojů a více řešených technologií.** Jejich využití pro optimalizaci výroby a procesů. Shromažďování a zpracování globálních informací (dlouhodobě zaznamenávané znalosti, celosvětové zkušenosti z oblasti výroby). Systémy pro řízení spolehlivosti stroje a řezného procesu (včetně řezných nástrojů). Zpětná vazba od servisních zásahů a provozu stroje k vývoji strojů a aplikační technologii vedoucí ke zvyšování spolehlivosti.							❶
20.	**Technologie zvyšující bezpečnost stroje pro lidskou obsluhu, ale také pro eliminaci poškození stroje, nástroje a obrobku.** Systémy vyhodnocující nárůst rizik při specifickém využívání stroje, nebo při specifické technologii, manipulaci s obrobky a nástroji, atp. "Online" vyhodnocování rizik a kontakt s obsluhou a údržbou a její varování. Aplikace bezpečnostních funkcí i na oblast upínání obrobků.							❶
21.	**Techniky pro sběr a schraňování dat o prováděných procesech** (především současný záznam odbavovaného NC kódu a záznam měření z diagnostických čidel např. na vřetenu a pohonech). Shromažďování dat pro dimenzování komponent zejména z hlediska životnosti. Monitorování zátěžných spekter pohonů a periferií s cílem poskytnutí relevantních dat pro budoucí dimenzování a návrh strojů.							❶
22.	**Automatické nebo asistované ladění parametrů pohonů a CNC systému** pomocí aktivního měření na stroji a online identifikace dynamických vlastností stroje. Adaptivní řízení stroje zohledňující konkrétní pracovní podmínky a zadání s cílem maximalizovat přesnost při dokončování a výkon při hrubování. Uvedené techniky jsou vázané také na oblast monitorování obrobku a zdokonalování diagnostiky strojů se zaměřením na pohony. Pokročilejší ladění s využitím aktivního měření a on-line ident. je důležité hlavně pro rotační osy stolů s přímými pohony. Řešit testy a nasazení integrovaných pokročilých funkcí řídicích systémů, které v současnosti nejsou vůbec nebo efektivně nevyužívány. **Adaptivní řízení servopohonů stroje** zohledňující změny dynamického chování stroje se změnou polohy pohybových os. Adaptivní řízení tohoto druhu je předem naprogramováno. Téma řešit u strojů, kde dochází k významnému přelaďování parametrů vlivem změny polohy posuvových os nebo vlivem významné změny hmotnosti/poddajnosti obrobku.							❷
23.	**Nové a zdokonalené metody a postupy pro měření geometrické přesnosti stroje v celém pracovním prostoru** a ve vazbě na změny zatížení, teploty a kinematické konfigurace.							❶
24.	**Nové metody potlačení nežádoucího dynamického chování stroje.** Kompenzace odchylek polohy nástroje v důsledku poddajnosti nosné struktury a její interakce s pohony. Identifikace těchto odchylek ve vazbě na vývoj metod měření přímo polohy nástroje.							❷

25.	**Pokročilá robustní a spolehlivá senzorika a metody automatického vyhodnocení stability řezného procesu.**							❶
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.							❶
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.							❷
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).							❸
29.	**Zvyšování rychlostí obrábění**, frézování nad 1000m/min, broušení nad 100m/s, vývoj vřeten **a vyvážených nástrojů** pro velmi vysoké rychlosti.							❷
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.							❷
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.).							❷
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.							❸
33.	**Systémy pro řízení spolehlivosti včetně nástrojů pro zpětnou vazbu ze servisních zásahů do konstrukční kanceláře** vedoucí k neustálému zvyšování spolehlivosti stávajících konstrukčních řešení.							❷
34.	**Zahrnutí spolehlivostních a robustnostních aspektů do vývojové fáze nového stroje.**							❷
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.							❸
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.							❸

37.	**Nástroje pro návrh, analýzu a řízení stavu obráběcích strojů po celou dobu jejich technického života** (od výchozího koncepčního návrhu až po fyzickou likvidaci).							❸
38.	**Zdokonalené techniky plánování i provádění údržby, kontrolních měřených vlastností strojů a seřizování strojů s integrací funkcí do řídících a nadřazených systémů stroje.**							❶
39.	**Vývoj technických řešení pro snadnou rekonfigurovatelnost strojů na základě požadavků zákazníka.** Jeden stroj, sestavený ze základních modulů, bude možné např. jednou připravit jako primárně soustružnický stroj a podruhé jako primárně frézovací, nebo brousící stroj.							❶
40.	**Snižování energetické náročnosti obráběcích strojů** (pohonů i ostatních agregátů a systémů stroje), využívání moderních elektronických prvků - rychlé výkonové tranzistory s min. tepel. ztrátami, a technik - zvýšení modulační frekvence proudu, snižování akustických emisí stroje, snižování znečištění okolí průsaky, odpařováním a exhalacemi.							❶
41.	**Optimálně navržené periférie strojů (okruhy chlazení stroje, chlazení řez. procesu, hydrauliky, rozvody stlačeného vzduchu, apod.), vzhledem k dosažitelným řezným podmínkám, výkonům a reálným požadavkům procesu.**							▪
42.	**Stroje se zvýšenou přesností samotné stavby** (zvýšenou přesností dílců, komponentů a montáže).							❶
43.	**Stroje s novým a nekonvenčním uspořádáním nosné struktury a pohonů pohybových os** vedoucím ke zvýšení přesnosti práce.							❷
44.	**Nové techniky pro měření polohy středu nástroje (TCP) vůči obrobku a jejich integrace do řídicích algoritmů stroje.** Uplatnění přídavných odměřovacích systémů založených především na optických a laserových principech, které umožňují měřit geometrii skeletu stroje za chodu a přiblížit se ideálu měření polohy konce nástroje.							❶
45.	**Nové techniky měření deformací vřetene a predikce deformací nástroje a obrobku a kompenzace těchto deformací a chyb.**							❶
46.	**Optimalizované řízení chladících agregátů** pro zajištění zvýšené tepelné stability při dokončovacích operacích.							❷
47.	**Nové pokročilé/moderní řídicí techniky a strategie přesahující dnes běžnou kaskádní regulaci**. Otevřenost pro aplikaci nestandardních a méně rozšířených řídicích systémů. Stávající řídicí systémy mají celou řadu pokročilých funkcí. U většiny strojů není využit potenciál řídicích systémů dostatečně. Téma souvisí i s možnostmi řízení přídavných zařízení (např. tlumičů) nebo přídavných funkcí (jako tepl. Kompenzace).							❶
48.	**Použití metod pro velmi přesné in-procesní měření rozměrů obráběných dílců přímo ve stroji.**							❸
49.	**Zdokonalené způsoby upínání obrobku minimalizující jeho deformace a maximalizující tuhost spojení se stolem/paletou. Způsoby a metody zjednodušující ustavení a vyrovnání rozměrných obrobků.**							❸
50.	**Eliminace tepelných deformací nosných soustav**, protékané a skrápěné rámy, chlazené pohony, symetrické konstrukce, softwarové kompenzace, inteligentní řízení chlazení s cílem zvýšení přesnosti strojů.							❶
51.	**Nové metody kompenzací pro optimální využití všech pohybových os u víceosých strojů.** Řešení problému prostorových kompenzací závislých na kinematické konfiguraci pohybových os, na zatížení stroje a na teplotně-mechanickém stavu stroje.							❶

52.	**Stroje s více pracovními nástroji v řezu.** Integrace různých mechanických procesů v jednom stroji.							❶
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.							❶
54.	**Bezdrátová senzorika a robustní přenos signálů** z pohyblivých, rotujících nebo vzdálených částí.							❶
55.	**Pokročilá vyhodnocovací elektronika**, signálové procesory, zpracování dat v blízkosti senzoriky a následný digitální přenos dat.							❶
56.	**Kvalitní pravidelná školení, tréninky ovládání a využívání strojů a nástrojů.** Simulace a trénink řešení havarijních situací (troubleshooting).							❸
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).							❸
58.	**Vývoj komponentů a koncepcí strojů umožňujících maximální multifunkčnost stroje.**							❶
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.							❷
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.							❶
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.							❸
62.	**Ekologická výroba a likvidace obráběcích strojů.**							❶
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).							❶
64.	**Adaptivní přizpůsobování režimu periferií (chlazení, vynašeče třísek, vysokotlaké agregáty, atd.) k aktuální výrobní operaci.**							❶

8. Specifické zaměření SVA pro oblast tvářecích strojů

Vyšší užitné vlastnosti strojů a technologií jsou nutnou podmínkou vyšší konkurenceschopnosti. Proto strategie oboru musí směřovat ke zlepšení všech hlavních užitných 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 maitenance 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 zápustkové 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 Sqeeze 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 zřízení 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 nekonvenčních 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 nekonvenčních 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*