

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav strojírenské technologie

**ANALÝZA RIZIK PŘI VÝROBĚ
LISOVACÍHO NÁŘADÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Michal Jahn

Studijní obor: Výrobní a materiálové inženýrství

Vedoucí práce: Ing. František Tatíček, Ph.D.

Praha 2015

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne

.....

Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat za cenné rady k obsahu i k pojetí práce panu **Ing. Františku Tatičkovi, Ph.D.** a také zaměstnancům oddělení Konstrukce lisovacího nářadí a oddělení Technologické přípravy výroby lisovacího nářadí společnosti ŠKODA AUTO a.s. za odbornou pomoc při realizaci této práce, zejména pak panu **Pavlu Umáčenému, Ing. Petru Chaloupeckému a Ing. Radku Hulínovi.**

Anotace

Tato práce vznikla ve spolupráci se ŠKODA AUTO a.s., a proto všechny postupy a další věci jsou popsány tak, jak je tomu právě v této společnosti. V práci jsou popsány jednotlivé výrobní i předvýrobní fáze celého vzniku každého lisovacího nástroje pro výrobu plechových dílů karoserie. V jednotlivých fázích jsou vytipována rizika a detailněji popsána. Závěr práce je věnován problematice průhybu lisovacích nástrojů.

Klíčová slova

Lisovací nástroj, rizika při výrobě, výlisek, karoserie, lisování, plech, průhyb nástroje

Anotation

This master's thesis has been developed in co-operation with ŠKODA AUTO a.s. and therefore all the processes and other stuff are described according to the facts at this company. In this paper there are described single production and pre-production stages in the creation of press tool. Risks that are identified in every single stage are then explained in detail. In the final part of this thesis there are described deflection problems of press tools.

Key words

Pressing tool, manufacturing hazards, stamping, car body, pressing, metal sheet, tool deflection

Seznam zkratek

BL otvory	Base Loch – ustavovací otvor (otvory pro ustavení polotovaru na pracovní desce frézky)
BM data	Betriebsmittelmodell – provozní prostředek (data ucelené 3D konstrukce. Data na frézování 2D a 2,5D ploch)
BMG data	Betriebsmittelmodell Guss – provozní prostředek pro odlitek (data na výrobu modelů, následně odlitků)
CAD	Computer Aided Design – Počítačem podporovaná konstrukce (např. konstrukční software)
CAM	Computer Aided Manufacturing – Počítačem podporovaná výroba (např. automaticky řízené obrábění)
CNC	Computer Numerical Control – počítačem řízený obráběcí stroj
FMEA	Fehler Möglichkeit und Einfluss Analyse – Analýza možností vzniku vad a jejich následků
HRC	Tvrдость materiálu určena podle Rockwella (zkouší se kuželem)
KSL	Konstruktionen Stückliste – kusovník
NC	Numerical Control – číslicové řízení (zejména obráběcích strojů)
NCM data	CAD-Modell für NC-Bearbeitung – plochy pro činné části nářadí (data na frézování tvarových (3D) ploch)
PEP	Produktentstehungsprozess - Proces vzniku výrobku
PVS série	Produktionsversuchserie – zkušební produkční série
ŠKODA AUTO	ŠKODA AUTO a.s.
VFF série	Vorserie Freigabe Fahrzeuge – předsérie uvolnění vozu
0S	Null Serie – nultá (ověřovací) série

Obsah

1	Úvod	9
2	Předvýrobní fáze zhotovení lisovacího nářadí	13
2.1	Rozhodnutí o vývoji a výrobě nového modelu	14
2.2	Vývojová fáze vozu - design a konstrukce	15
2.3	Definování kapacitních objemů	17
2.4	Metodický plán lisování dílu	18
2.5	Tvorba konstrukčních CAD dat pro výrobu nářadí	19
3	Výroba nástrojů	21
3.1	Příprava slévárenských modelů	21
3.2	Výroba a dodání odlitků	23
3.3	Zpracování technologických postupů a CNC programů.....	25
3.4	Kompletní strojní opracování odlitků dle CAD/CAM	27
3.5	Montáž podsestav lisovacích nástrojů	29
3.6	Spojení obou polovin nástroje na slícovacím lisu	30
3.7	Slícování nástrojů pod zpracovacími lisami	31
3.8	Posouzení kvality výlisku z pohledu kvality povrchu a rozměru	34
3.9	Analýza problému, úprava nářadí/výlisku	36
3.10	Předání nástrojů pro zpracování v sériové lince.....	37
4	Posouzení výroby z hlediska rizik.....	39
4.1	Rizika při vývoji nového modelu.....	39
4.2	Rizika při plánování kapacitních objemů	40
4.3	Rizika při konstrukci nářadí.....	41
4.4	Rizika při výrobě polystyrenového modelu.....	43
4.4.1	Kontrola modelu.....	43
4.4.2	Schvalování modelu	44
4.4.3	Přesnost a tolerance	45
4.4.4	Kvalita povrchu modelu	46
4.4.5	Poškození modelu.....	46
4.4.6	Lepení polystyrenového modelu	47
4.4.7	Výroba modelů na sklad.....	48
4.5	Rizika spojená s odlitkem	48
4.5.1	Dodání odlitku.....	48
4.5.2	Kontrola odlitku.....	48

4.5.3	Materiály používané pro odlévání	51
4.6	Rizika při frézování součástí.....	52
4.6.1	Upnutí polotovaru.....	52
4.6.2	Obrábění kaleného materiálu.....	53
4.7	Rizika při montáži nářadí.....	55
4.7.1	Manipulace s díly, organizace práce	55
4.7.2	Poškození dílu	57
4.7.3	Správný postup montáže.....	57
4.8	Rizika při projetí na kolizi	57
4.9	Rizika při sériové produkci.....	58
5	Rizika řešená v současné době	59
5.1	Rozměrové vady	59
5.2	Auditové vady.....	61
6	Průhyby nástrojů.....	63
6.1.1	Případy průhybu	63
6.1.2	Ekonomický výsledek odstranění průhybů	67
6.1.3	Prováděný výzkum	68
6.1.4	Zhodnocení průhybů nástrojů.....	69
7	Závěry a doporučení	72
8	Použitá literatura:.....	75

1 Úvod

Tato diplomová práce vznikla ve spolupráci se společností ŠKODA AUTO¹ a zaměřuje se na výrobu lisovacích nástrojů používaných pro lisování dílů karoserie. Plech a výlisky z něj zhotovené jsou základním stavebním kamenem každého vozu, proto je důležité tyto díly vyrábět kvalitně a při současné velké produkci i rychle, procesně jistě a za přiměřených nákladů.

Samotné lisovací nástroje, hlavně jejich tvarové části, jsou závislé na požadovaném výsledném designu vozu. V současné době jsou moderní hrany, designové prolisy a ostré linie. Tyto tvary ale nejsou pro lisování plechů příliš vhodné, a proto je nutné věnovat navrhování, konstrukci a výrobě nástrojů dostatečnou pozornost. I přesto se ale většinou vyskytnou určité problémy. To je důvod, proč vznikla tato diplomová práce, která uvádí přehled o všech fázích přípravy a výroby nástroje. V jednotlivých fázích se snaží nadefinovat rizika, která mohou nastat, a poukázat na to, co z těchto rizik plyne.

Ve své práci proto popisuji postup přípravy nástroje již od prvních fází, kdy dochází k jednání o novém modelu automobilu a s tím spojené potřebě nového lisovacího nářadí. Dále poukážu na možná rizika jednotlivých fází. Vybraná rizika následně detailně popisuji na reálných příkladech a naznačuji možná řešení, jak rizika minimalizovat. Přínos této diplomové práce vidím v tom, že jednak provede zmapování těchto rizik a jednak je možné ji použít i jako určitý návod pro řešení již dříve nastalých problémů či jako přehled všech výrobních i předvýrobních fází přípravy nářadí např. pro nové zaměstnance přímo ve společnosti ŠKODA AUTO.

Otázku rizik a jejich minimalizaci je vhodné řešit z několika důvodů. Patří sem již zmíněná větší produkce, se kterou jde ruku v ruce potřeba vývoje a výroby veškerých nástrojů za kratší čas. Při dvou až třech vozech ročně je totiž na přípravu nových nástrojů méně času než v době, kdy byl nový model jednou za rok či za dva. Kvůli všem těmto aspektům není čas v sériové výrobě dlouze odstraňovat výrobní problémy. Dalším důvodem jsou zajisté náklady spojené s opravami či úpravami nástroje poškozeného,

¹ www.skoda-auto.cz

nebo nesprávně vyrobeného. Příčinou těchto problémů bývá nepozornost či lidská chyba a tyto aspekty je také možné zařadit do skupiny rizik.

Minimalizací rizik je tedy možné odstranit určité množství chyb a vad při výrobě nástrojů a následně tak snížit časové i finanční náklady na výrobu vozu.

Kvůli velké a stále rostoucí konkurenci je potřeba vyrábět levněji. Jak již bylo zmíněno s rostoucí produkcí automobilů (viz. Tab. 1) je potřeba vyrábět i rychleji, což by bylo možné realizovat rychlejšími výrobními stroji. Tato možnost ale nemá prakticky žádnou šanci na úspěch vzhledem k tomu, že ŠKODA AUTO ve velké míře investuje do svých výrobních kapacit a má tak velmi moderní výrobní zařízení. Dalším řešením pro rychlejší výrobu by mohla být minimalizace výroby neshodných výlisků nebo zkrácení neproduktivních – prostojových – časů. Pro obě tyto možnosti je vhodné si nejprve zmapovat rizika a na základě jejich vyhodnocení je možné dojít k určitému zlepšení. To se nevztahuje pouze na výrobu samotných nových vozů, ale i na výrobu všech přípravků a nástrojů používaných právě pro výrobu finálních produktů – vozidel.

Tab. 1 Počty vyráběných vozů v jednotlivých letech [1]

rok	celkem	Felicia	Citigo	Fabia	Roomster	Octavia	Yeti	Rpid	Superb
2014	1 049 409		41 974	162 504	29 983	397 610	106 853	228 273	82 212
2013	931 969		42 971	196 732	31 425	356 286	84 660	123 634	96 261
2012	944 432		36 687	231 930	39 249	406 397	90 882	32 440	106 847
2011	900 628		1 027	261 107	36 427	402 462	77 312		119 732
2010	782 819			236 973	30 473	357 129	52 550		105 694
2009	522 542			230 349	42 315	211 107	19 672		34 868
2008	606 614			244 602	49 535	282 580			27 264
2007	623 291			243 669	75 875	281 928			21 339
2006	556 347			241 115	25 055	269 774			20 403
2005	494 127			226 164		246 754			21 435
2004	444 121			239 902		181 320			22 899
2003	437 554			261 787		156 497			19 270
2002	442 469			254 966		163 198			24 305
2001	460 886	29 095		261 551		169 659			581
2000	450 910	121 340		175 780		153 790			
1999	371 169	216496		3 652		146 817			
1998	403 515	281 032				117 734			
1997	357 170	293 426				60 590			

Červeně je označen nástup nové generace daného modelu.

Ve větším počtu vyráběných vozidel se samozřejmě promítne i větší počet nabízených modelů. Trend posledních let je vyrábět dva nebo častěji tři nové či inovované modely ročně, kdežto v dřívějších letech nebylo výjimkou vyrobit jeden nový model po dvou i třech letech.

Se stoupajícím zájmem o nové vozy je také nutné spojit jejich moderní a líbivý design. Ten se samozřejmě v průběhu let mění a vyvíjí. Designové prvky také zásadním způsobem ovlivňují výrobu a výslednou kvalitu výlisků. Vývoj designu vozů je možné ukázat na modelu Škoda Octavia, protože v současné době se vyrábí již ve své třetí generaci.



Designové prvky u první generace modelu Octavia byly založeny na kulatých tvarech a oblých přechodech, což bylo výhodnější pro lisování dílů. Postupně se však mimo oblých tvarů začaly objevovat i mírně zaoblené hrany. Nyní je však trendem zostřování všech linií a vytváření výraznějších ostrých designových prolisů a hran. Tento fakt znamená náročnější výrobu výlisků i celého nářadí potřebného na jejich lisování.

Společnost ŠKODA AUTO je členem Volkswagen Group – koncernu VW. Mimo ŠKODA AUTO do VW Group patří Audi, Seat, Bugatti, Bentley, Porsche, Lamborghini a samozřejmě Volkswagen. Dále jsou to VW užitkové vozy, Scania, MAN a z motocyklů Ducati. [5]

Jak je vidět, do koncernu VW patří poměrně dost značek automobilů a není tomu tak jen v případě tohoto jednoho koncernu. Prakticky všichni dnešní výrobci automobilů patří do nějaké skupiny – koncernu. Těch je v současné době na celém světě mezi deseti a patnácti. Koncernové spojení automobilových výrobců umožňuje mimo různou pomoc mezi jednotlivými členy i například možnost unifikace některých dílů a jejich následné použití na více automobilech i napříč značkami. Jako příklad si můžeme uvést Škodu Rapid a Seat Toledo. Tyto dva vozy se kompletně vyrábějí v Mladé Boleslavi v závodě ŠKODA AUTO, neboť jejich karoserie se liší pouze v kapotě a pátých dveřích. Dále se vozy liší pouze v plastových náraznících a tvaru použitých světlometů. Z tohoto důvodu je možné automobily dvou různých značek vyrábět na jedné výrobní lince.

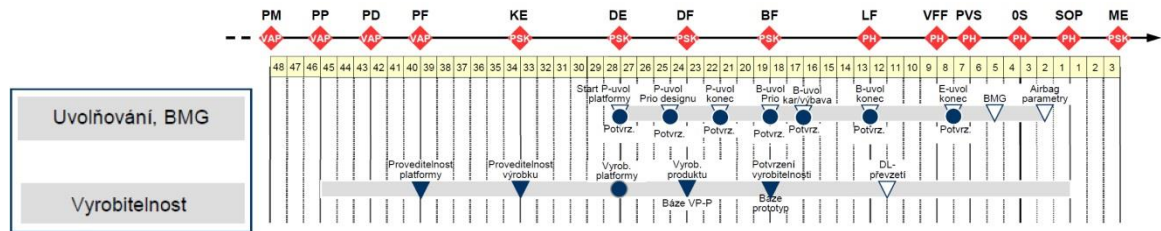


Obr. 1 Srovnání Škody Rapid a Seatu Toledo [6]

I tento fakt nasvědčuje tomu, že je vhodné věnovat se minimalizaci rizik při výrobě a dosahovat tak zkvalitňování a případně i zlevňování vozidel nejen lokálně, ale postupně v podstatě po celém světě.

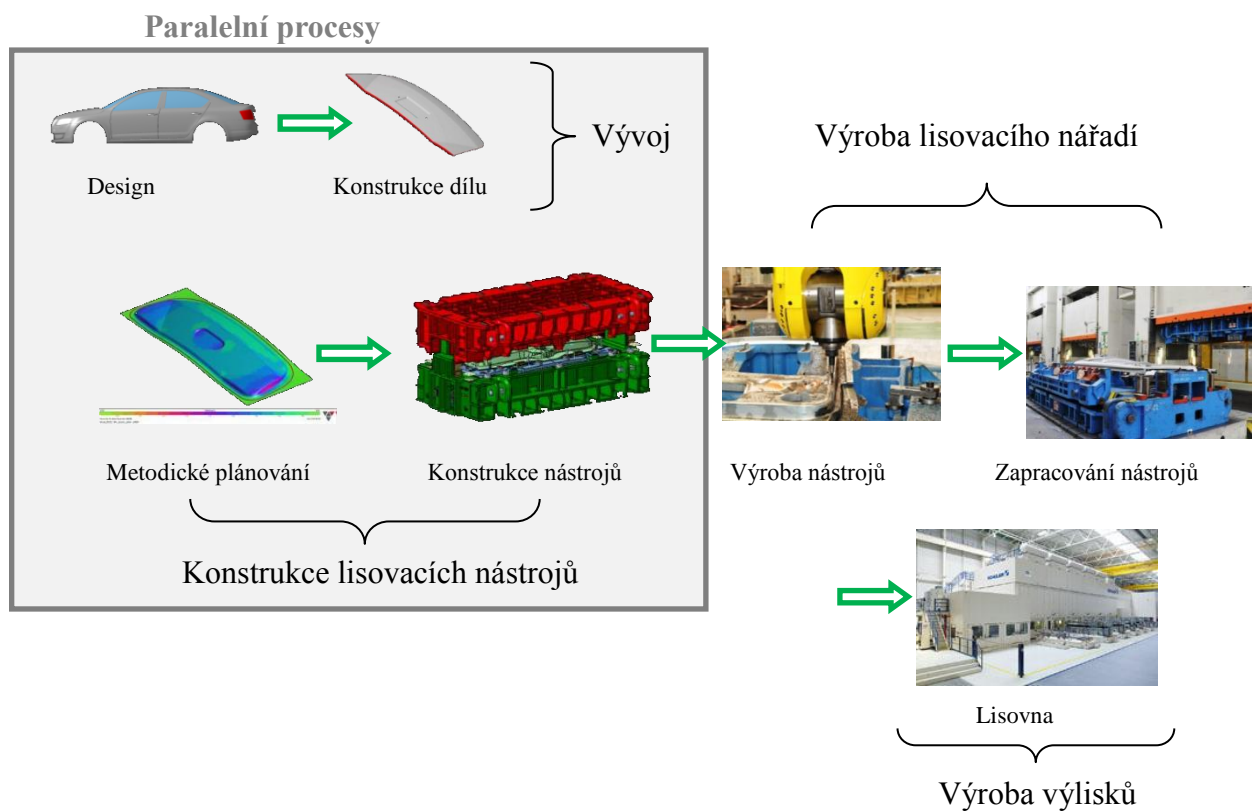
2 Předvýrobní fáze zhotovení lisovacího nářadí

Celý proces vývoje a výroby lisovacích nástrojů probíhá podle předpisů ŠKODA AUTO – PEP (Produktentstehungsprozess - Proces vzniku výrobku).



Obr. 2 PEP – proces vzniku výrobku [7]

Lisovací nářadí se konstruuje a plánuje dlouhou dobu před uvedením daného vozu na trh. Plánování začíná již několik let dopředu. Samotnou výrobu nářadí předchází několik fází, které budou následně popsány.



Obr. 3 Cesta ke vzniku výlisků [8]

Již předvýrobní postupy ovlivňují vlastní výrobu lisovacího nářadí z pohledu nákladů a kvality. To znamená, že předvýrobní fáze mají vliv na vlastní konstrukci, finální kvalitu a funkčnost nářadí.

2.1 Rozhodnutí o vývoji a výrobě nového modelu

Na rozhodnutí o vývoji a výrobě nového modelu se podílí mnoho lidí, skutečné a finální rozhodnutí však náleží pouze představenstvu firmy a následně pak musí projít schválením v koncernu. Samozřejmě do jisté míry se na rozhodování o novém modelu podílí více lidí než samotné představenstvo, které čítá do deseti osob. Tito lidé by se ale ve spojitosti s daným rozhodováním dali klasifikovat jako pomocní pracovníci. Připravují pro představenstvo podklady potřebné pro rozhodování nebo předkládají argumenty pro a proti týkající se toho kterého modelu.

Konečné rozhodnutí o novém modelu i o počtech vyráběných vozů tedy provádí pouze představenstvo firmy a je možné zjednodušeně říci, že uvedení každého vozu je podmíněno zejména tím, jestli po něm bude na trhu dostatečná poptávka a dojde tak k pozitivnímu ekonomickému výsledku. [9]

Představenstvo společnosti určuje zejména celkový počet vyrobených automobilů, kterého chce ŠKODA AUTO ve všech svých závodech po celém světě dosáhnout. Například pro rok 2014 to byl 1 milion vozů. Do roku 2018 je stanovené minimum na 1,5 milionu. Optimální by však dle vedení bylo dosáhnout počtu 1,8 milionu vyrobených a prodaných vozů. Veškerá rozhodnutí představenstva o požadovaných počtech kusů musí projít schválením i v koncernu.

Počty vyráběných kusů jednotlivých modelů navrhuje oddělení marketingu, které při tomto rozhodování vychází z průzkumů a nejrůznějších analýz trhu, marketingových a finančních studií a ze zájmu veřejnosti o daný model. Počty vyrobených kusů jednotlivých modelů se také odvíjí od počtu objednávek, které se v čase mění a výroba na tyto změny musí pružně reagovat. V dnešní době se totiž nevyrábí vozy do zásob, které se následně nabízejí zákazníkům, ale vyrábějí se automobily na objednávku. Každý vůz už má tedy svého majitele od prvního kroku výroby. To je dáno velkým množstvím příslušenství a výbavy, které si každý zákazník může zvolit podle svých požadavků a potřeb. Na počátku je tedy zhruba nastíněn přibližný počet vyrobených kusů jednotlivých modelů, ale tento počet se může měnit a při sériové výrobě je pevně

stanoven počet vyrobených vozů za den. Celkový požadovaný počet vozů/výlisků samozřejmě ovlivňuje konstrukci lisovacího nářadí. Nástroje se dělí do tří skupin podle jejich požadovaných vlastností:

- 1. skupina: vysokosériové nářadí
- 2. skupina: středněsériové nářadí
- 3. skupina: nízkosériové nářadí

Trendem současné doby je definovat požadovanou skupinu nástroje již ve fázi vývoje. Jednotlivé skupiny se tedy liší svou životností a schopností vylisovat určité množství kvalitních výlisků. Toho se dosahuje použitím jiných materiálů pro odlitky nebo mírou kalení jednotlivých částí nástrojů. U malosériového nářadí na některých místech nemusí docházet ke kalení vůbec, ale u velko- a středněsériového už je nutné tažné rádiusy kalit, přičemž u středně- a velkosériového se volí vyšší tvrdost, než u malosériového.

Finální počet kusů lisovaných daným nástrojem je dán v technickém zadání projektu nářadovně a zde je zapotřebí „pouze“ požadovanému množství vozů/výlisků přizpůsobit životnost lisovacích nástrojů. Neznamená to však, že všechny stejné plechové díly na jeden model se lisují na jedné sadě nářadí. Např. Octavií druhé generace bylo vyrobeno přes milion kusů, ale tento počet je rozdělen mezi několik závodů ve světě a téměř každý závod má své nářadí a svou lisovnu.

2.2 Vývojová fáze vozu - design a konstrukce

I v případě designové podoby nového vozu má hlavní slovo představenstvo společnosti. Když ale představenstvo vybere nějaký designový návrh, neznamená to, že takovou podobu vozu budeme potkávat na silnicích. Po výběru designu představenstvem musí i tento výběr schválit koncern. I to nejvyšší rozhodnutí v koncernu však nemůže schválit jinou designovou podobu, než jednu z těch, které opustí oddělení designu. Dalo by se tedy říct, že designovou podobu zásadně ovlivňuje šéfdesigner značky ŠKODA AUTO a ostatní oprávněné osoby už pouze vybírají designovou podobu z předložených návrhů.

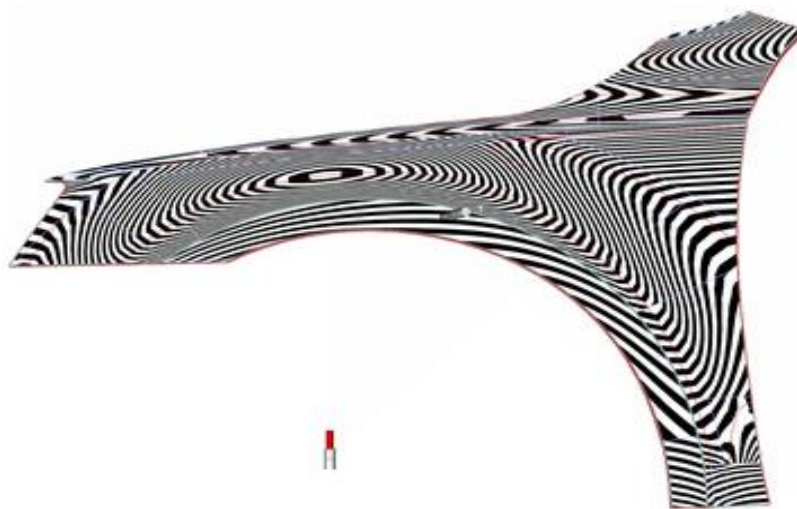
Designové návrhy vznikají v oddělení designu, kde se následně podle vítězného návrhu (viz. Obr. 4) postupně vytvoří model skutečných rozměrů z „designerské hlíny“. Tento model je ale pouze designovou studií a zdaleka ne všechny představy designerů je možné úspěšně přenést do praxe. Z tohoto důvodu je potřeba v designu vozu udělat jisté

kompromisy, aby designový návrh splnil řadu kritérií. Například se již zde preventivně posuzuje hotový lakovaný díl z hlediska možných defektů odlesků světla, tzv. Highlight (viz Obr. 5).

Následuje vývoj konstrukce vybraného designového návrhu, kdy dochází k prvnímu návržení jednotlivých dílů karoserie ve formě 3D CAD dat. Na základě takto připravených dílů dochází ke konstrukci a následně i výrobě lisovacího náradí. Vývojová fáze projektu je zcela zásadní pro konečnou kvalitu výlisků. Trend posledních let je proto takový, aby k diskusím mezi zástupci vývoje a výroby docházelo co možná nejdříve, a to již od fáze "hliněného modelu", ale zejména při vývoji konstrukce. [9]



Obr. 4 Vítězný designový návrh Škody Superb III [10]



Obr. 5 Highlight [9]

Zásadním hlediskem je samozřejmě vlastní vyrobiteľnost výlisků. Vzhledem k trendu stále složitějšího designu vozů, bývá zajištění tohoto základního hlediska často velice problematické. Simulace vyrobiteľnosti jsou dnes prováděny výhradně pomocí počítačového softwaru (ŠKODA AUTO, jako celý koncern VW, využívá program AutoForm). Výsledky simulací se při nastavení skutečných parametrů velmi blíží realitě.



Obr. 6 Výsledek simulace lisovatelnosti postranice z programu AutoForm [9]

V případě této předvýrobní fáze se mohou vyskytnout určitá rizika, např. jestli není určitý díl vyrobitelný podle návrhu z vývoje a musí při konstrukci dojít k jeho úpravě, je nutná úprava i návazných dílů na voze.

2.3 Definování kapacitních objemů

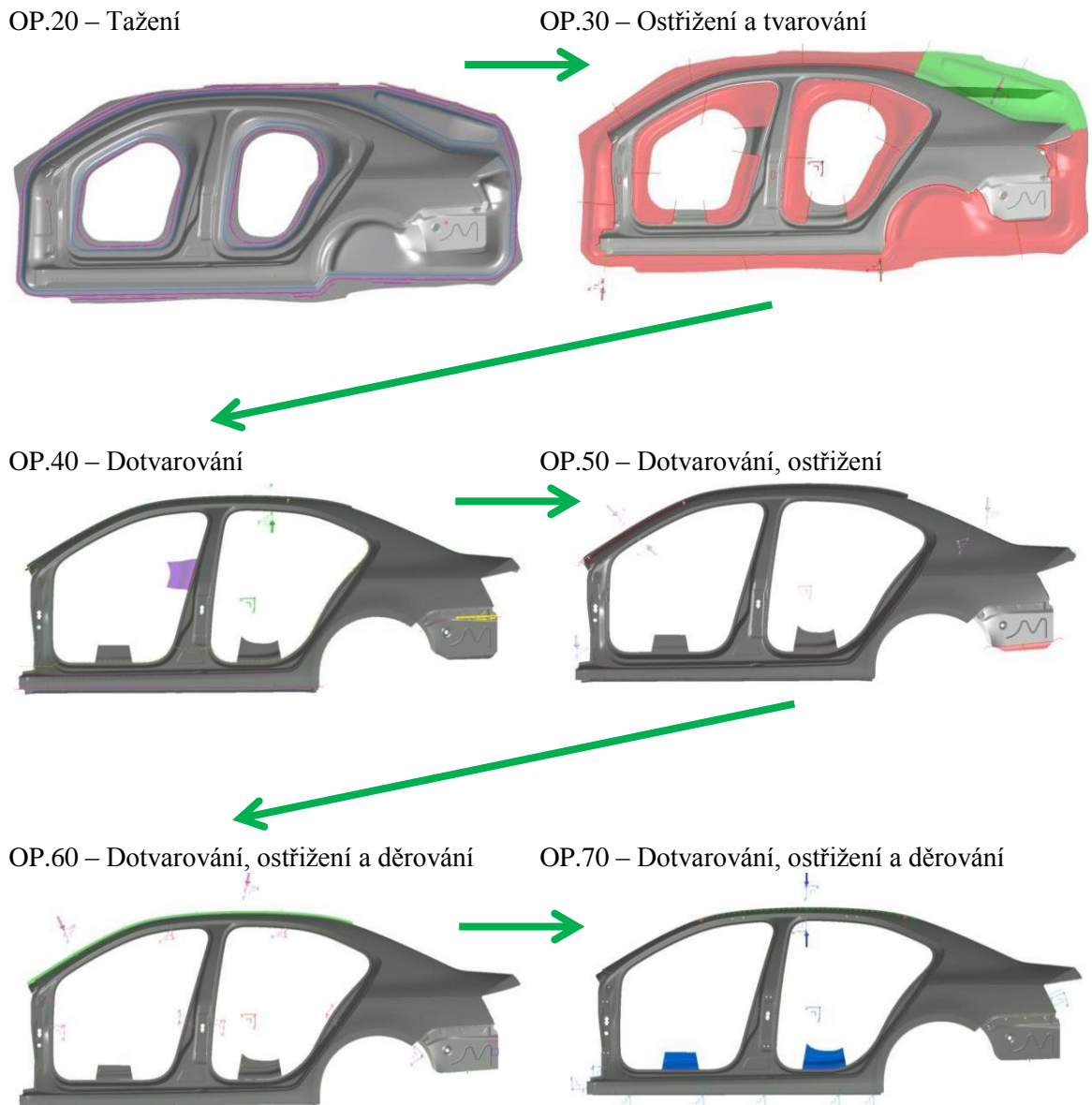
V této fázi projektu musí oddělení plánování lisoven rozdělit sady lisovacího nářadí mezi interní a externí výrobu, přestože není ještě kompletně hotová konstrukce nářadí, a tudíž není přesně známa skutečná potřeba normy času pro výrobu. V této fázi plánování se vychází z již dříve realizovaných „podobných“ objemů. Vše je samozřejmě podřízeno aktuálním kapacitním možnostem výrobního závodu. Pro kompletní sady nářadí, které nebude z kapacitních důvodů možno realizovat interně, musí být zahájeno nabídko-poptávkové řízení s cílem jejich externího objednání.

Jsou i takoví automobiloví výrobci, kteří tímto know-how vůbec nedisponují a jsou nuceni vše nakupovat od dodavatelů. Trend je však opačný a nejvýznamnější automobiloví výrobci dlouhodobě investují do modernizace svých nářadoven. [9]

Při definování kapacitních objemů se může vyskytnout riziko ve formě opomenutí předprodukční série. Předsérie do určité míry zabírá výrobní kapacity lisovny, a proto je důležité do plánování zahrnout i objem těchto prvních zkušebních sérií.

2.4 Metodický plán lisování dílu

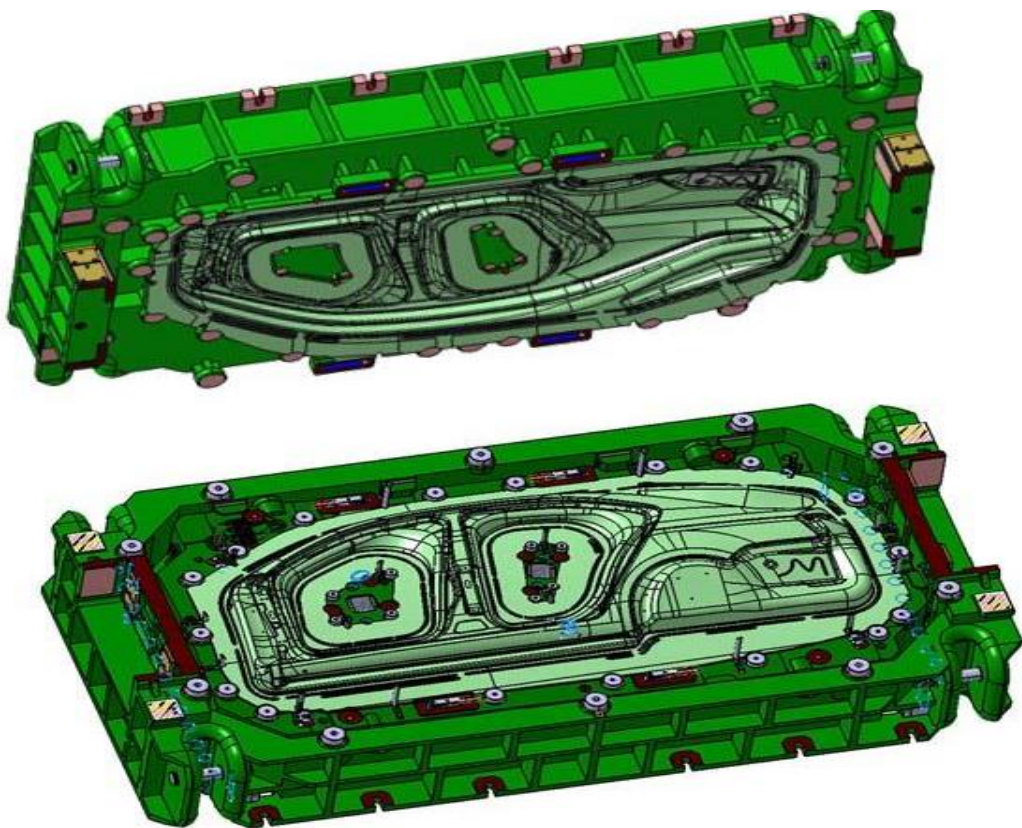
Metodický plán na základě vyrobiteľnosti určuje, na kolik operací se bude který díl lisovat a co se ve které operaci bude dělat. Během metodického plánování se provádějí simulace pro všechny operace a tímto způsobem se zjišťuje nejvhodnější postup pro získání kvalitního vylisku požadovaných parametrů. Výsledkem metodického plánu může být např. postup zobrazený na následujícím obrázku.



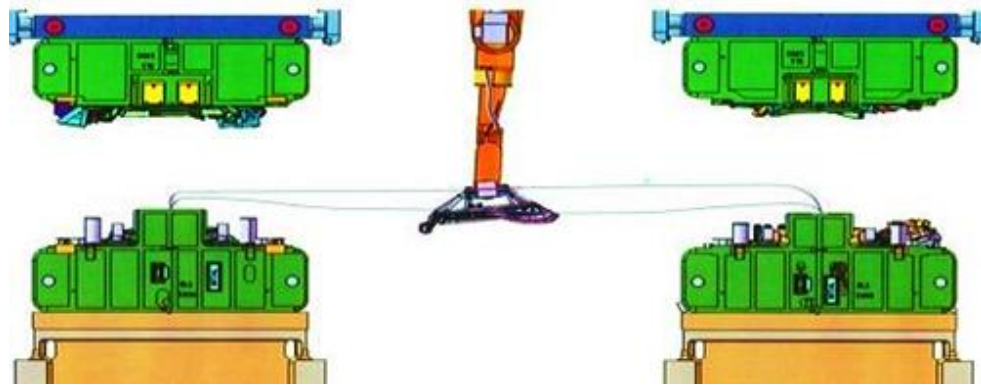
Obr. 7 Metodický plán lisování postranice Octavie III [8]

2.5 Tvorba konstrukčních CAD dat pro výrobu nářadí

Konstrukce dnes probíhá již zcela výhradně na bázi CAD. Nejrozšířenějším a nejvyužívanějším je CAD program CATIA. Jedná se o dnes již mimořádně propracovaný software, který lze libovolně rozšiřovat o celou řadu nástaveb, knihoven a maker pro nejrůznější účely. Tato etapa je ukončena návrhem mechanizace pro manipulaci s dílem mezi jednotlivými lisy produkční linky (viz. Obr. 9). Optimalizace kinematiky drah již dnes probíhá taktéž digitálně. Je to výborný způsob, který umožňuje pomocí virtuální simulace celého lisovacího procesu včetně pohybů mechanizace odhalit případné kolize mechanizace a optimalizovat proces průchodu s ohledem na dosažení maximálního počtu zdvihů beranu za minutu, tzn. maximální produktivitu s ohledem na minimální spotřebu energie. Toto řešení optimalizace procesu tedy dává nejen nejefektivnější řešení, ale zároveň i nejekologičtější. [9]



Obr. 8 3D model razníku a raznice zkonstruovaný v CAD programu CATIA [8]



Obr. 9 Mechanizace pohybu dílu mezi jednotlivými operacemi [9]

Před zahájením vlastní konstrukce je nezbytné posoudit možná procesní rizika nejenom výroby nástroje, ale i celého průběhu projektu. V principu jde o odstranění možných rizik a jejich důsledků, a to nejen konstrukčních, ale i procesních po celkovou dobu trvání daného projektu. [9]

Výstupem z konstrukce lisovacího nářadí je 3D CAD model kompletního nástroje. Tato data obsahují:

- BMG data (Betriebsmittelmodell Guss – provozní prostředek pro odlitek) = data na výrobu modelů, následně odlitků
- BM data (Betriebsmittelmodell – provozní prostředek) = data ucelené 3D konstrukce. Mimo jiné data na frézování 2D a 2,5D ploch
- NCM data (CAD-Modell für NC-Bearbeitung – plochy pro činné části nářadí) = data na frézování tvarových ploch (3D)
- KSL (Konstruktionen Stückliste) = kusovník

Před předáním dat dále do výroby musí proběhnout poměrně rozsáhlé kontroly a schvalování konstrukce za účelem minimalizace chyb již ve fázi CAD dat. [8]

Rizikem souvisejícím s touto fází výroby mohou být nesprávně zvolené klínové jednotky, u kterých dochází v průběhu používání k nadměrnému opotřebení, či poškození. Rizikem je také případný nesoulad mezi jednotlivými typy dat a tím vznik problémů při obrábění, případně i montáži nástroje.

3 Výroba nástrojů

Vlastní výroba náradí je realizována za použití řady různých výrobních technologií. Nejprve přichází ke slovu technologie slévání, pro kterou je nutné vytvořit modelové zařízení, pomocí kterého je následně možné zhotovit odlitek. Již při výrobě slévárenského modelu, ale zejména při opracování hotového odlitku, je zapotřebí další technologie, a to obrábění. Pro získání požadovaného tvaru a rozměrů se využívá především frézování. Nakonec jsou jednotlivě vytvořené části montovány v jeden celek a je vytvořena horní/spodní polovina lisovacího nástroje. Mezi výrobní operace jistě patří i spojení obou polovin nástroje a jejich následné zapracovávání. Pomocí těchto kroků dojde k vytvoření funkčního lisovacího náradí připraveného do sériové produkce.

3.1 Příprava slévárenských modelů

V podstatě celá výroba nástrojů je v režii plánování výroby lisovacího náradí. V rámci oddělení přípravy výroby proběhne nejprve určení výrobního postupu, kdy se dle kusovníku lisovacího nástroje rozhodne, jak které díly budou vyráběny, případně které součásti náradí se budou nakupovat. Jsou to převážně normalizované díly.

V případě vyráběných součástí je potřeba získat polotovary pro obrábění na finální tvar a rozměry. Základní rám lisovacího náradí je vytvořen technologií slévání. Pro výrobu odlitku je nutné zhotovit slévárenský model. Jelikož se jedná o kusovou výrobu a značné rozměry odlitku, je zde využita technologie lití na spalitelný model. Model je vyroben z polystyrenu, resp. z tzv. styroporu. I zde dnes probíhá výroba již výhradně na bázi CAD/CAM, což značně usnadňuje vytvoření a optimalizaci řezných pohybů.

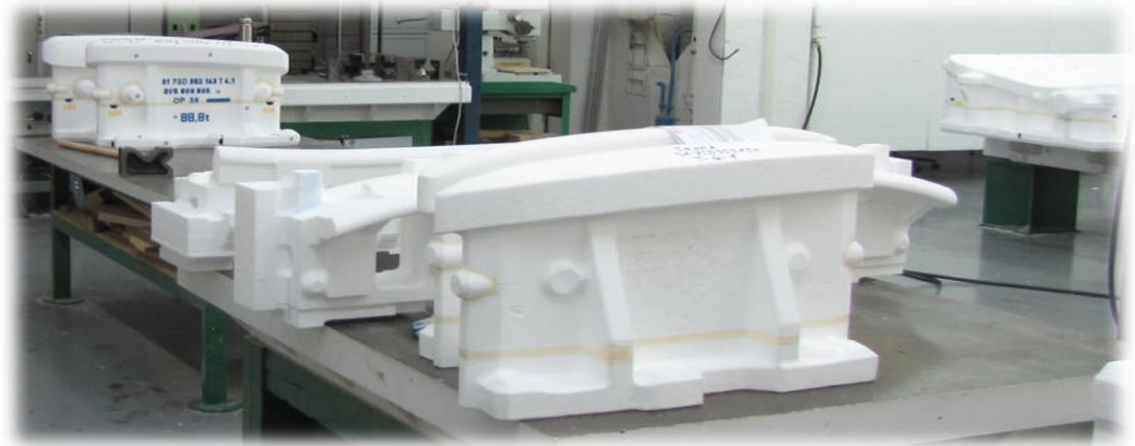
Celá výroba modelu opět začíná konstrukcí na bázi 3D BMG dat. V oddělení konstrukce se ale konstruuje pouze CAD model finálního lisovacího nástroje. Ten se po veškerých schvalovacích procesech zmíněných výše odešle programátorům, kteří daný model zvětší o potřebné přídatky (přidavky na obrábění i na smrštění materiálu – smrštění ocelového odlitku: 2 %, litinového: 1 %) a vytvoří tak CAD model pro výrobu polystyrenového modelového zařízení pro výrobu odlitku. Na tomto CAD modelu pak následně vytvoří dráhy pro frézování modelu z polystyrenu. Pomocí počítačových nástrojů CAD/CAM je pak zhotoven výstup od programátorů ve formě frézovacího programu pro CNC frézku, která je schopna obrobit polystyren do požadovaného tvaru. [9]

Přesný model je tedy získán frézováním z bloku polystyrenu (viz. Obr. 10), popřípadě je slepen z několika předfrézovaných polotovarů pomocí speciálního lepidla a lepenky v jeden celek. Takto vyrobené modely jsou uvolněny k expedici do slévárny až po schválení modelů celého lisovacího nástroje zákazníkem a výrobou náradí. Účelem schvalování je mimo jiné zajištění prací zejména pro splnění požadavků technologie slévání. Tyto úpravy již probíhají zpravidla ručně. Před expedicí modelů do slévárny bývá každá z rozhodujících pozic kontrolně změřena pro ověření technologických přídavek – přídavek na obrábění a na smrštění materiálu během tuhnutí. Ve fázi modelu je poslední možnost úpravy tvarů, nebo jiných změn určených oddělením vývoje (i v této fázi ještě probíhají změny, aby došlo k co největšímu urychlení výroby). Úprava odlitku už by pak byla komplikovaná a velmi nákladná. [8, 9]



Obr. 10 Frézování modelu z polystyrenové desky [8]

Během těchto závěrečných kontrol a schvalování by se mohla vyskytnout další rizika, která by mohla vést např. k odlitku nesprávných rozměrů. Určitá rizika v sobě zahrnuje kontrola odlitku před jeho odesláním do slévárny i samotná manipulace s poměrně křehkým polystyrenovým modelem a celkově možnost jeho poškození. Samostatné riziko pak představuje výroba modelů na sklad.



Obr. 11 Modely připravené k odeslání do slévárny [11]

3.2 Výroba a dodání odlitků

Hotový a schválený polystyrenový model je odeslán do slévárny, odlévání je vždy řešeno kooperací. Výroba odlitků je dnes celoevropská záležitost. Vzhledem k úbytku výrobců odlitků při narůstajícím počtu vyráběných automobilů je dnes nezbytné nakupovat odlitky i ze zahraničí. Kromě dodávek z České republiky, Německa, Itálie není dnes žádnou výjimkou i taková dodávka odlitku ze Španělska.

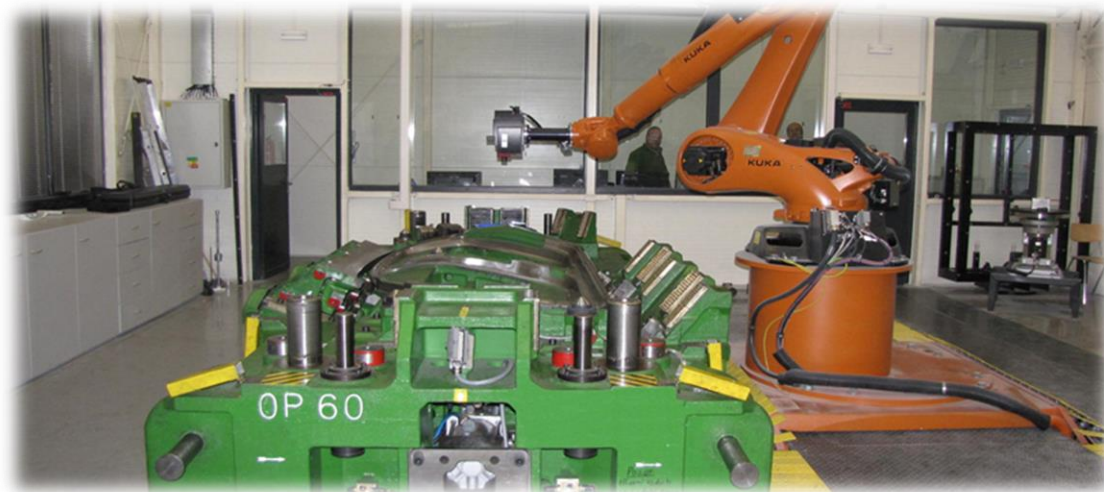
Ve slévárně je model zaformován a následně se forma plní tekutým kovem (viz. Obr. 12). Materiálem pro odlití základních bloků (rámů) nástrojů je litina s lupínkovým grafitem EN-JL 1040. Tento materiál se volí pro svou snadnou obrobitelnost a poměrně nízkou cenu. Dalšími částmi, které se zhotovují sléváním, jsou přídržovače plechu nebo nástavky. Přídržovač je vždy součástí tažnice, ale někdy se nachází i na tažníku. Jeho úkolem je při procesu tažení přídržovat plech okolo funkčních ploch tažnic a zajistit tak, aby plech zůstal natažený a nedocházelo při dosedání nástroje ke znehodnocení výlisku zvlněním nebo nedostatečným vypnutím plechu. Tyto důležité a značně namáhané části lisovacího nářadí jsou stejně jako razníky odlity z litiny s kuličkovým grafitem, která má lepší vlastnosti, než základní litina s lupínkovým grafitem. Nástavek se říká té nejdůležitější části nástroje. Je to tvarová část, která dává plechu finální tvar. Nástavek spolu s řeznými a kalibrovacími segmenty patří mezi nejnamáhanější části nástroje, a proto je potřeba je vyrábět z nejodolnějšího materiálu. Z tohoto důvodu se používá ocel na odlitky. Nástavek je vyráběn samostatně, protože tvořit celý nástroj z oceli by bylo značně nevýhodné. Jednak by se zvýšila cena odlitku a následně by se při náročném obrábění ocelového monobloku musely často měnit otupené frézy. [9]



Obr. 12 Plnění formy kovem [8]

Každý rozhodující odlitý díl je při vstupu do automobilky změřen. Zpravidla se používá optická metoda – fotometrie (viz. Obr. 13). Ta je vhodná ze dvou hlavních důvodů. Za prvé pro rozměrovou kontrolu a za druhé je tento digitální výstup již vstupem pro následnou tvorbu NC programů, neboť se v podstatě jedná o nasnímaný tvar reálného dílu, na jehož základě je možno optimálně navrhnout dráhy obráběcího nástroje, čímž dochází k optimalizaci času a nákladů samotné výroby. [9]

Ve fázi výroby odlitků se jistě vyskytuje mnoho rizik. Ta se ale týkají metalurgických procesů a jiných problémů slévárenské technologie, jako například stabilita odlitku, výskyt vnitřních vad (např. staženiny) nebo prohnutí celého odlitku. S takovými problémy se ale musí vypořádat externí slévárna. Pro ŠKODA AUTO je důležité, aby zhotovený odlitek obdržela v pořádku a podle zadaných parametrů. S tím jsou spojena rizika poškození odlitku při přepravě nebo např. celková kontrola odlitku při vstupu zpět do společnosti k následnému zpracování.



Obr. 13 Scanování pomocí fotometrie [11]

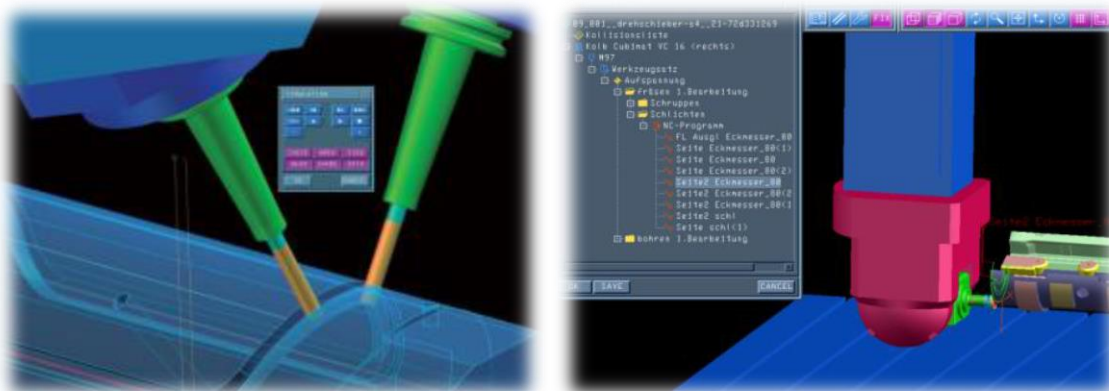


Obr. 14 Hotový surový odlitek spodního dílu [9]

3.3 Zpracování technologických postupů a CNC programů

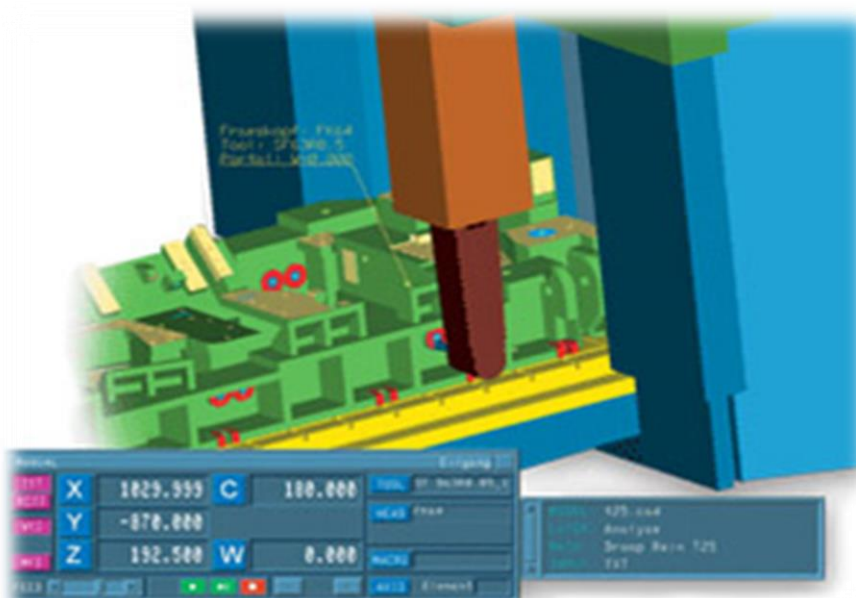
Tvorba technologických postupů a NC programů probíhá paralelně s výrobou odlitků, zejména z důvodu úspory času z pohledu celkové doby pro výrobu náradí. Nejprve se připravují programy pro frézování z tzv. BM dat. Jedná se o obrábění rovinných (2D a 2,5D) ploch podle předem stanoveného výrobního postupu. Programování obrábění všech 2D a 2,5D ploch (roviny a základny) probíhá v prostředí konstrukčního programu CATIA. Tvarové (3D) plochy se mohou ještě do této doby nepatrně měnit, a proto jsou tvořeny jako poslední. Když jsou ale schválena NCM data (plochy pro činné části náradí), jsou všechny tvary pevně dány a může se vytvořit výrobní postup i na tyto 3D tvarové plochy.

Vlastní tvorba technologického postupu dnes do jisté míry vychází z dříve vytvořených postupů u jiných projektů. Přestože se jedná téměř vždy o kusovou výrobu, princip technologického postupu je vždy téměř identický. Rozdíly v náradí pro jednotlivé vozy jsou dány změnou návrhu vlastní tvarové části náradí, která je vždy vyráběna dle originálních NC programů. Tento stav tak umožňuje použít a jen mírně upravovat referenční postupy z minulých projektů a aktualizovat NC program dle platných CAD dat k příslušné operaci technologického postupu. Zásadní informací je zde mimo jiné přesné stanovení skutečné potřeby času pro celou výrobu lisovacího náradí.



Obr. 15 Tvorba NC programů, Stanovení strategie obrábění [8]

Velmi rozšířeným programem v automobilovém průmyslu je počítačový program TEBIS. Kromě programování obrábění 3D ploch (tvarů) raznic a razníků umožňuje tento program uvažovat konkrétní řezný nástroj od konkrétního výrobce s již známými výkonovými parametry. Taktéž umožňuje uvažovat parametry konkrétního stroje. Tím značně zpřesňuje výsledky následných simulací a určování nutných řezných pohybů frézy. Výstupem jsou tedy kromě programu samotného i definované podmínky frézování včetně výpočtu normy času pro daný rozsah. Další možná funkce uvedeného softwaru je provedení již zmíněné preventivní simulace daného programu v kompletně digitální soustavě stroj – nástroj – obrobek (viz. Obr. 16). Využitím této simulace je možné definitivně předcházet veškerým možným kolizím v průběhu obrábění. [9, 11]



Obr. 16 Simulace frézovacích drah NC programů [8]

3.4 Kompletní strojní opracování odlitků dle CAD/CAM

K obrábění jsou dnes ve výrobě náradí v automobilovém průmyslu používána zpravidla CNC frézovací centra s vodorovnými pracovními stoly (viz. Obr. 17, Obr. 18). Jelikož většina nástrojů pro povrchové díly karoserie dnes dosahuje délky až 5 metrů a hmotnosti několika desítek tun, musí být na tyto parametry dimenzován i pracovní prostor výrobních strojů a zařízení. U CNC center je dnes potřebný rozjezd os minimálně 2,5 x 4,5 metru, příležitostně i větší. Kromě standardních frézovacích výkonů ve 3D je v řadě případů zapotřebí i tzv. 5-osé obrábění, kde 4. a 5. osa je zajištěna úhlem vyklápění a rotací obráběcí hlavy stroje. Dnes používaná obráběcí centra dosahují i přes svou velikost špičkových přesností. Díky tomu je možné následně vyrábět kvalitní a přesné finální výlisky, u kterých se dnes pohybují rozměrové tolerance v řádu desetin mm. Standardem u renomovaných výrobců bývá následné ověření kvality každé takto obrobenej pozice, a to buď dotykově, nebo opticky pro její možné uvolnění do následné montáže. [9]



Obr. 17 Obrábění největšího dílu – rámu nástroje na lisování postranice [8]



Obr. 18 Obrábění menší části nástroje [11]

Přesnost obrábění je v současné době stanovena na $\pm 0,1$ mm. Přesnost stroje by ale měla být lepší a dříve byla stanovena na 0,05 mm, avšak stroje stárnou a při jejich velikosti už není vždy možné dodržet přesnost s tolerancí v řádu setin milimetru. I jedna desetina milimetru je však přesnost/odchylka přípustná, vezmeme-li v úvahu celkové rozměry obráběných dílů. Je však vhodné obrábět co nejpřesněji, pokud možno alespoň funkční tvary frézovat s dřívější přesností $\pm 0,05$ mm, aby byla snížena náročnost slícovacích operací.

Velké přídavky na odlitcích (běžně okolo 15 mm) jsou v první frézovací operaci hrubovány a na všech obráběných plochách – základna + tvary pak zbydou přídavky 2 mm. Podle tzv. NCM dat následuje dohrubování ploch na přídavek 0,9 mm. Dohrubování se provádí pouze na plochách, na kterých je potřeba zakalit nějakou část – většinou aktivní (tažný) rádius. Zpravidla je to velká většina všech ploch. V tomto stavu tedy dojde k indukčnímu kalení všech požadovaných míst pro zvýšení jejich tvrdosti a otěruvzdornosti. Následně se přistupuje k obrábění na čisto (viz. Obr. 19). Plochy, které nejsou kalené, se na čisto obrábí z původního přídavku 2 mm. Prokalení materiálu dosahuje hloubky 2 mm, takže i po obrobení zakalených ploch z přídavku 0,9 mm na čisto, zbyde dostatečná část materiálu zakalená. Na čisto se však neobrábí všechny plochy. V případě razníku s nástavkem se obrobí pouze místo, kde dojde ke spojení litinového razníku s ocelovým nástavkem a tyto dvě části jsou napevno spojeny. K frézování funkční – nejdůležitější – plochy nástavku na čisto dochází až v sestavě pro dosažení požadované přesnosti, která by v případě odděleného obrábění byla ovlivněna následnou montáží.

[11]



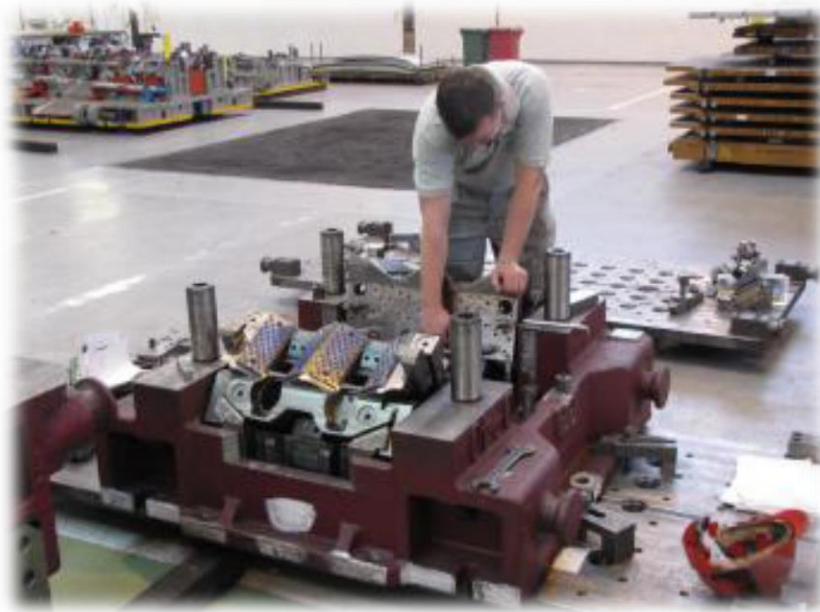
Obr. 19 Frézování tvarových ploch na čisto [8]

Během frézování se mohou vyskytnout další rizika např. při upínání odlitků na frézce, při čemž může dojít k poškození odlitku nebo ke špatnému vystředění a následnému obrobení určitého tvaru v jiném místě, než bylo požadováno. Dalším rizikem může být i obrábění zakaleného materiálu.

3.5 Montáž podsestav lisovacích nástrojů

Po dokončení strojního obrábění následuje etapa konečné montáže. Montáž probíhá postupně, když jsou k dispozici jednotlivé objednané díly. Během montáže může docházet i k frézovacím mezioperacím. Například, jak již bylo zmíněno, k frézování nástavku dochází až po montáži na rám, aby nedošlo k různým nepřesnostem způsobeným montáží. Na konci montáže máme vedle sebe oddělený kompletně sestavený horní a spodní díl konkrétního nástroje.

Když jsou k dispozici potřebné díly, ať už vyráběné, nebo nakupované, dochází k jejich postupné a pečlivé montáži v jeden celek – raznici/razník. Na rám jsou postupně montovány všechny potřebné součásti jako např. klínové jednotky, přidržovač nebo nástavek. Takto se musí připravit a smontovat obě poloviny nástroje, aby bylo možné s nimi dále pracovat.



Obr. 20 Montáž nářadí [8]

Montážní fáze může způsobovat jistá rizika při výrobě lisovacích nástrojů. Jedná se o rizika z oblasti manipulace s jednotlivými díly nebo např. organizace a postup práce.

3.6 Spojení obou polovin nástroje na slícovacím lisu

Fáze montáže nářadí je ukončena tzv. "projetím na kolizi" pod zkušebním lisem (odstranění kolizí). Jedná se o první sestavení obou částí nástroje v jeden celek a jejich první sjetí do spodní úvratě beranu lisu (zatím stále ještě bez tváření plechu) za účelem odstranění možných kolizí obou polovin nástroje. Přestože jsou dnes užívány nejmodernější počítačové systémy a vše je vyráběno na základě CAD a následně důkladně měřeno, některé nástroje jsou kinematicky tak složité, že se ve skutečnosti nelze ubránit nějaké nezjištěné chybě v základní výrobě. Při tomto "projetí na kolizi" se velice opatrně sjíždí horním dílem dolů. Zpočátku se poloviny nástroje přibližují po milimetrech, později i po desetínách milimetru, aby byly odhaleny příčiny možných kolizí (viz. Obr. 21), které mohou zapříčinit i celkovou destrukci lisovacího nástroje, jak ukazuje Obr. 21. Takto se postupuje u každého nástroje, a to někdy i opakovaně při výskytu většího množství kolizí. Jakmile je odhalena možná kolize, je zjištěná chyba opravena a postup na slícovacím lise se opakuje, dokud horní díl nedosedne definitivně na díl spodní.

[9]



Obr. 21 Kontrola možných kolizí [9]



Obr. 22 Nástroj znehodnocený kolizí [9]

Při projetí na kolizi může nastat další riziko, a to že není včas odhalena případná kolize. Jak již bylo zmíněno výše, taková kolize může být příčinou i destrukce celého nástroje.

3.7 Slícování nástrojů pod zpracovacími lisami

Etapa zpracování/slícování lisovacích nástrojů (viz. Obr. 23) zásadně ovlivňuje následnou funkci náradí při použití v sériové lince a zejména vlastní kvalitu výlisku. Provádí se za účelem slícování obou polovin nástroje vůči sobě s ohledem na výlisek a cílem je dosáhnout stavu navrženého v „teoretickém otisku“. V principu jde o ruční dobroušení, dopasování, dolícování tvaru horního dílu nástroje vůči spodnímu, a to ve všech partiích výlisku. Nejprve se vždy lícuje přidržovač plechu mezi brzdící lištou a maticním rádiusem a 10 až 15 mm za brzdící lištou, poté se provádí zkušební lisování. Až když je přidržovač slícován do takové míry, že plech při zkušebním lisování extrémně nepraská, přistupuje se i ke slícování všech tvarů dílu i oblastí pohyblivých tvarovacích segmentů a klínových jednotek. Tato fáze zpracování nástrojů je časově velmi náročná a u nejsložitějších dílů může trvat včetně optimalizace kvality povrchu i několik měsíců.

Rozeznáváme dva základní druhy otisku – jednostranný a oboustranný. Již z návrhu metody a konstrukce je nadefinován tzv. teoretický otisk, což je v podstatě obrazové zadání pro dosažení skutečného stavu slícování nástroje. Pro jeho dosažení je samozřejmě nezbytně nutné tento požadavek zohlednit již ve fázi technologické přípravy výroby použitím vhodných přísadků v konkrétních partiích, zejména tam, kde má být dosaženo oboustranného otisku. Čím precizněji je provedena technologická příprava a uskutečněna základní strojní výroba, tím dříve a levněji je dosaženo požadovaného výsledku. V průběhu lícování nástroje je od začátku průběžně řešena i vlastní lisovatelnost dílu, která i přes veškeré předchozí teoretické simulace bývá v řadě případů hraniční. [8, 9]

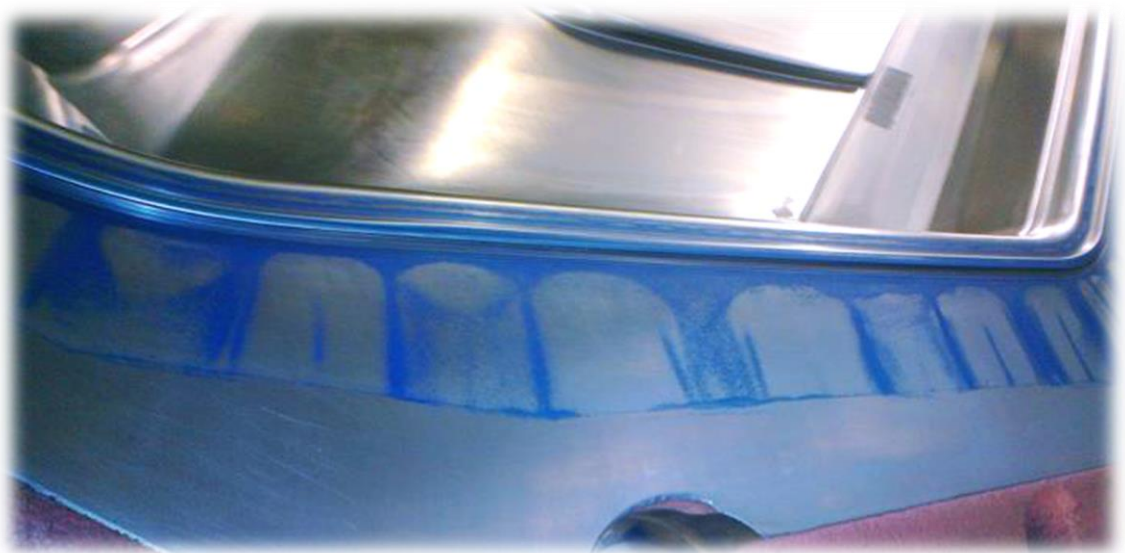


Obr. 23 Zpracování pod slícovacím lisem [11]

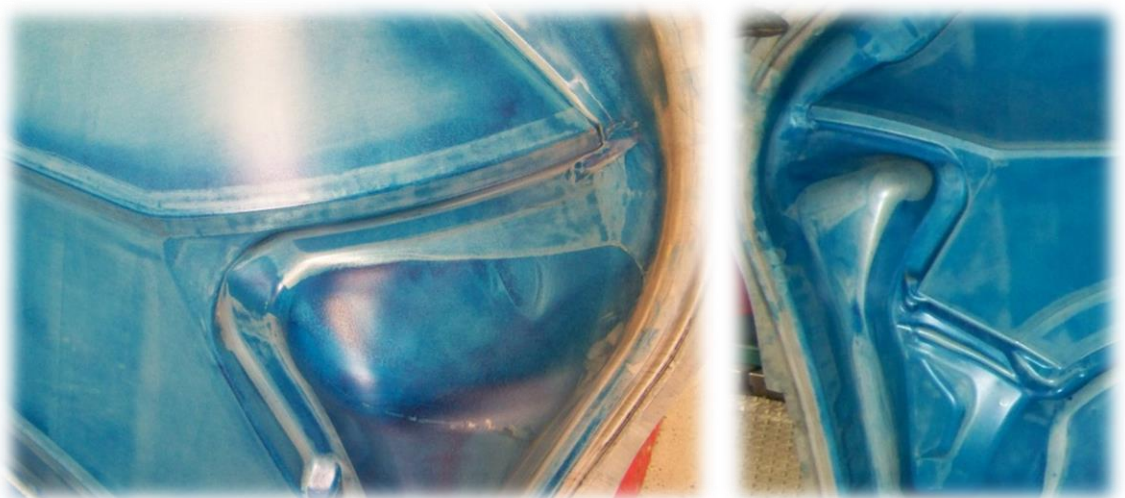
Po spasování obou polovin nástroje se přistoupí k tzv. tuširovacím otiskům, kdy je na nástřih plechu oboustranně nanese modrá tuširovací barva (viz. Obr. 24). Samotné nanášení barvy není nijak jednoduchá činnost a musí ji provádět zkušená osoba, aby byla nanese tenká a rovnoměrná vrstva barvy. Po aplikaci tuširovací barvy následuje zkušební lisování nabarveného plechu. Ani tento krok nemůže probíhat bez zkušených pracovníků. Je potřeba nabarvený plech lisovat pouze s malým lisovacím tlakem, protože vysokým tlakem se vyvolá taková deformace plechu, že výsledek tuširovacího otisku bude vždy vypadat uspokojivě, přestože nástroj není dostatečně kvalitně slícován. Při splnění těchto podmínek může dojít ke zkušebnímu lisování nabarveného plechu, který na nástroji zanechá stopu zobrazující místa, v nichž došlo ke kontaktu s plechem (viz. Obr. 25). Tato místa jsou na nástroji obarvena na modro obtiskem tuširovací barvy z nástřihu. V případě požadovaného oboustranného otisku (zejména u kalibrovacích operací) by měl být celý nástroj modrý – dostatečně sevřít plech mezi oběma polovinami (z plechu se v místě otisku setře modrá barva – plech zpět zešedne viz. Obr. 26), a proto dochází podle zkušebnímu tuširovacího otisku k navařování materiálu na potřebná místa a k následnému frézování na nový rozměr, případně k ručnímu opracování daných míst (viz. Obr. 27). Jinak je tomu v případě tahového nástroje (operace 20). Tažník a tažnice se sice opět konstruují s vůlí pouze na tloušťku plechu, ale plech se během tažení ztenčí, takže při dosednutí horní poloviny na spodní zůstává mezi nástrojem a vloženým plechem malá tažná vůle. [8]



Obr. 24 Vylisek natřený tuširovací barvou [12]



Obr. 25 Obtisk tuširovací barvy – nesprávně slicovaný přídržovač [12]



Obr. 26 Vnější/vnitřní pohled na plech po vylisování [12]

Navarovat vybrané partie lisovacích nástrojů lze tradičními způsoby, jako je navařování obalenou elektrodou, navařování v ochranné atmosféře s tavící se elektrodou nebo navařování v ochranné atmosféře s netavící se elektrodou. V současnosti však ŠKODA AUTO zavádí použití nekonvenční metody navařování – navařování laserem, které s sebou přináší nesporné výhody oproti klasickým metodám. [13]



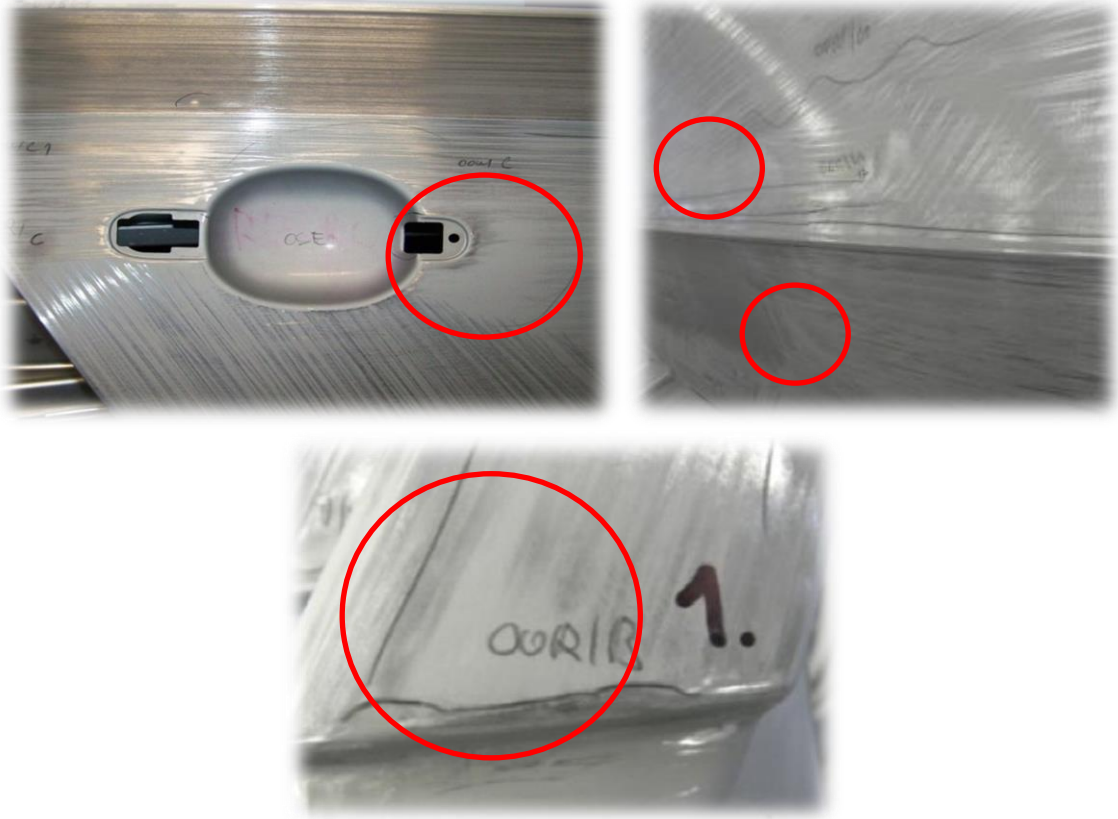
Obr. 27 Ruční opracování potřebných míst na nástroj [8]

Při zapracování nástrojů pracují většinou dva pracovníci na jednom lise/nástroji. V případě větších nástrojů se počet pracovníků zvyšuje a na nářadí pro lisování postranic vozů – největších dílů – jsou u jednoho lisu běžně 4 zaměstnanci.

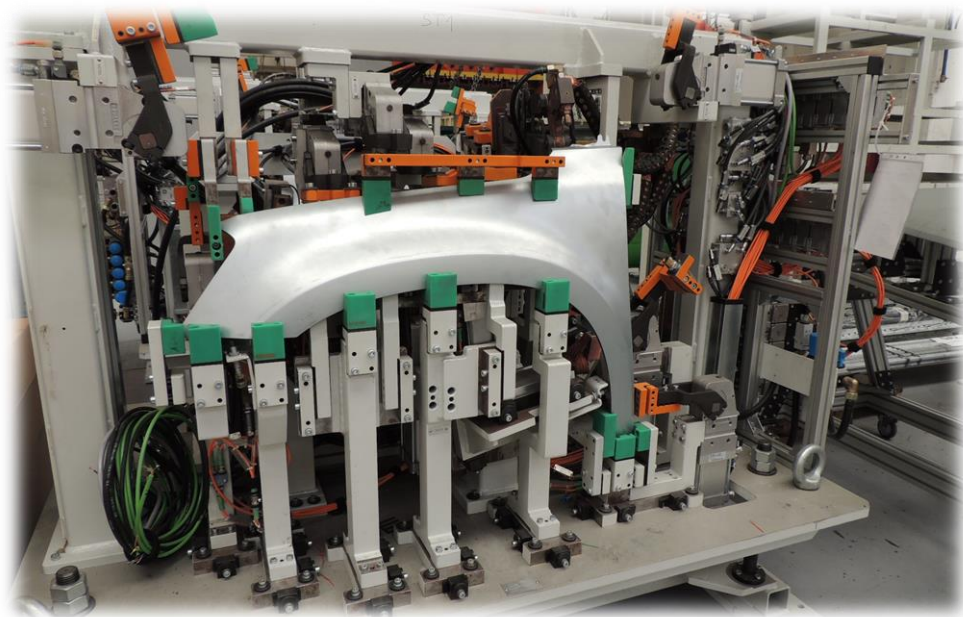
3.8 Posouzení kvality výlisku z pohledu kvality povrchu a rozměru

V případě hodnocení kvality výlisku se jedná o posuzování povrchu a rozměrových odchylek výlisku od CAD dat. Hodnocení povrchu v principu probíhá tak, že je celý výlisek ve směru geometrického zakřivení ploch tzv. obrousčován brusným kamenem. V ideálním případě je po tomto kroku celý povrch výlisku znehodnocen (poškrábán) od povrchu kamene. Pokud by tomu tak bylo, pak by byl výlisek z hlediska povrchu bezvadný, což je cílem, kterého se však pouze zřídka dosáhne. Místa, která brousek vynechá (kdy tzv. nepíše) jsou vady povrchu – propadliny (viz. Obr. 28). Rozměry výlisku jsou posuzovány v kontrolním přípravku (viz. Obr. 29) a následně změřeny na 3D souřadnicovém měřicím zařízení. Je tomu tak vždy pro tři výlisky z jedné předsériové dávky a následně v sériové produkci je měřen jeden výlisek na lisovací dávku (1000 až 3000 kusů). Tímto způsobem se získá přehled o odchylkách v každém bodu dotyku sondy při dotykovém měření. Primárním cílem ve fázi předsérie je zajistit, aby se výlisek

nacházel ve všech partiích v pásmu povolené tolerance. To se však při tolerancích $\pm 0,5$ mm a leckdy i $\pm 0,2$ mm málo kdy bezezbytku podaří. Proto s blížícím se zahájením sériové výroby se přechází na řešení rozměrových problémů vyplývajících z celkové rozměrové situace hotového vozu. [9]



Obr. 28 Propady při kontrole povrchu výlisku brouskováním [8]



Obr. 29 Přípravek pro měření výlisku [14]

Vady výlisků se vyskytují zpravidla dvojího charakteru:

- Auditové vady – patří sem např. propadliny, zvlnění, nebo praskliny
- Rozměrové vady – tato skupina zahrnuje, jak název napovídá, výlisky s různými úchylkami rozměrů. Rozměrové vady se na výliscích objevují z důvodu špatně vyrobených nástrojů, nebo z důvodu nedodržení procesní stability při lisování.

Při výskytu obou typů vad je potřeba vždy jako první odstranit vady rozměrové a poté se zabývat auditovými. Rozměrové vady totiž ovlivňují nejen navazující díly, ale také výsledné rozměry a tvar vozu. Dojde-li k montáži výlisku s rozměrovou vadou, nebude např. na voze dodržena předepsaná spára mezi jednotlivými díly karoserie a automobil pak nedodrží design nebo nebude fungovat (např. nepůjdou zavřít dveře). Auditové vady řeší „pouze“ krásu jednotlivých dílů a následně celého vozu a jsou řešeny až po kompletní nápravě rozměrových vad.

3.9 Analýza problému, úprava náradí/výlisku

V případě odstraňování povrchových závad se zpravidla postupuje tak, že se vylisuje výlisek z každé operace a postupně od první operace se pak vyhledává místo, kde defekt vzniká. Po nalezení příčiny vzniku vady se provedou kroky pro její odstranění. Defekt může způsobit např. nekvalitně zpracované přidržení v daném místě, nepřesně navazující následné operace na sebe nebo nerovnoměrná vůle u tvarovacích segmentů. Zpravidla po nalezení a odstranění této příčiny dojde k odstranění defektu. Jsou ovšem případy, kdy se toto nepodaří, neboť defekt vzniká např. nevhodně zvolenou metodou lisování, problematickým designem dílu nebo problematickou lisovatelností. V takových případech přichází na řadu např. tzv. boulování - bombírování povrchu nástroje. To má za účel vždy "vytlačit" propad povrchu zpět do žádaného tvaru. Tyto zásahy bývají realizovány ručně, a to většinou opakovaně než dojde k nalezení správného tvaru nástroje. Jsou to nejsložitější zásahy, které mohou vykonávat pouze ti nejzkušenější pracovníci. V případě řešení rozměrových odchylek se zpravidla jedná o chyby vzniklé odpružením dílu. V závislosti na charakteru odchylky (spára, plošný tvar, ...) a na metodě lisování dojde k tvorbě nových CAD pro danou oblast dílu. Na základě těchto nových CAD se náradí v daném místě v případě potřeby vyvaří, přefrézuje a opět spasuje. Po dokončení těchto korekcí je ukončena výroba a nástroj je připraven pro sériovou výrobu výlisků.

[9]

3.10 Předání nástrojů pro zapracování v sériové lince

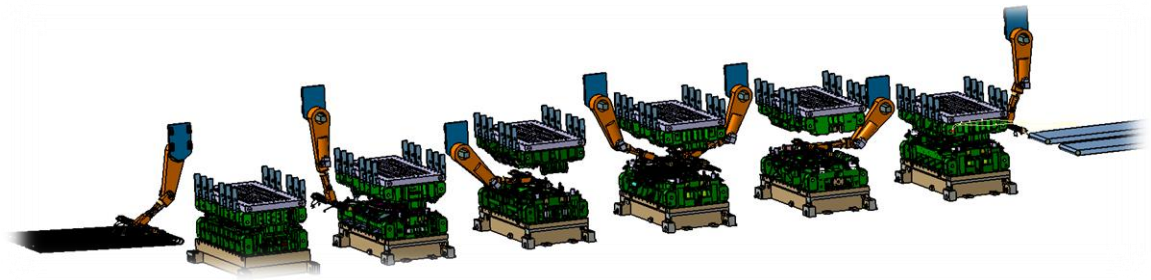
Když je nástroj i s mechanizací vyroben a připraven k sériovému použití, předává se z nářaďovny do lisovny, kde probíhá sériová výroba výlisků. Již předsériové díly jsou dodávány ze sériové linky. Zapracování v sériové lince je dlouhodobý proces a k definitivnímu předání do péče lisovny dochází až několik měsíců po zahájení sériové výroby. Kromě zajištění požadované kvality dílu, splnění požadavků na konstrukci a výrobu nástrojů z pohledu platných standardů, je zásadním kritériem pro převzetí nástrojů jejich výkonnost. Ta je posuzována zpravidla dle dvou hlavních kritérií, a to dosažením plánovaného počtu zdvihů za minutu a mírou prostojovosti zpravidla definovanou procentem času prostoje na nářadí v průběhu lisovací dávky. Pro dosažení požadovaného počtu zdvihů je potřeba dobře vyladit pohyby celé linky včetně mechanizace (přenos dílu mezi jednotlivými operacemi). Po splnění těchto kritérií je nářadí předáno do trvalého užívání lisovně.

Rizikem souvisejícím s touto fází výroby může být založení dvou plechů do nástroje.



Obr. 30 Sériová linka v lisovně [8]

Sériová lisovací linka má maximálně šest stupňů – šest operací. V případě postranice (nejsložitější díl) bývá zpravidla vždy využito všech šest lisů – šest operací. První operací je vždy tažení, následuje ořez, poté kalibrace spolu s navazujícími ohybovými (klínovými) operacemi a v závěru děrování spolu s nutnými dostřihy.



Obr. 31 Průchod linkou – lis PXL 81 000 kN [8]

Při výrobě výlisku je kontrolována jeho kvalita. Jednak je kontrolována kvalita každého kusu vizuálně (viz. Obr. 32 – pracovník má k dispozici kontrolovaná místa – jejich snímek). Pak je odebírán výlisek v průběhu lisování, kontrolován brouskovou metodou (3x za dobu lisování výrobní dávky). Podle typu vady je třeba přistoupit k nápravám.

[10]



Obr. 32 Vizuální kontrola výlisků při sériové produkci [8]

4 Posouzení výroby z hlediska rizik

Rizikem při všech fázích výroby lisovacího nářadí může být externě vyráběný nástroj, který ve spolupracující firmě nemusí být vyroben a kontrolován podle požadovaných standardů a pomocí předepsaných technologií, jak je tomu v nářadovně ŠKODA AUTO.

Problémy s externími nástroji nejsou výjimkou, ale bohužel se externí firmy ve snaze ušetřit uchylují k volbě levnější a zároveň méně kvalitní technologie výroby. Pak je ale potřeba nástroj složitě upravovat ve ŠKODA AUTO.

4.1 Rizika při vývoji nového modelu

Při vývoji nového modelu se definují jednotlivé díly karoserie především s ohledem na vytvoření požadovaného designu vozu. I přesto, že zaměstnanci v oddělení vývoje by měli znát základní principy lisování, jejich znalosti určitě nejsou na takové úrovni, jako je tomu v případě zaměstnanců oddělení konstrukce lisovacího nářadí. Proto se provádí ověření vyrobitelnosti. Pokud není díl vyrobitelný, musí se upravit. Trendem v takových situacích je nejen vrátit díl zpět z konstrukce do vývoje, ale zároveň vytvořit návrh na potřebnou úpravu. Předjde se tak několikerému opakování situace s nelisovatelným dílem. Vývoj má totiž za cíl co nejvíce dodržet design vozu, a tak by např. na díle s nevyrobitelným rádiusem 2 mm byl navržen nový rádius 3 mm a situace by se opět opakovala, protože nejmenší vyrobitelný rádius by mohl být např. až 5 mm.

I tak ale dojde k situacím, kdy ve vývoji nechtějí akceptovat změny navržené konstrukcí, neboť by došlo k příliš velké změně v designu vozu. V takových případech je nutné v designu najít kompromis a zároveň i způsob, jakým bude možné požadované díly lisovat. Vyrobitelnost dílů je totiž prvotní.

Všechna rizika při vývoji konstrukce jsou připomínkována, popsána a ohodnocena z hlediska své závažnosti v dokumentu „Procesní FMEA“.

Po nalezení nejvhodnějšího řešení dochází k virtuální stavbě celého vozu a je potřeba upravit i díly sousedící s již upraveným dílem. Vše na sebe musí pasovat, být esteticky v pořádku a v první řadě musí být vše vyrobitelné. Až v případě nalezení řešení pro všechny díly je možné pokračovat s konstrukcí lisovacího nářadí. [11]

4.2 Rizika při plánování kapacitních objemů

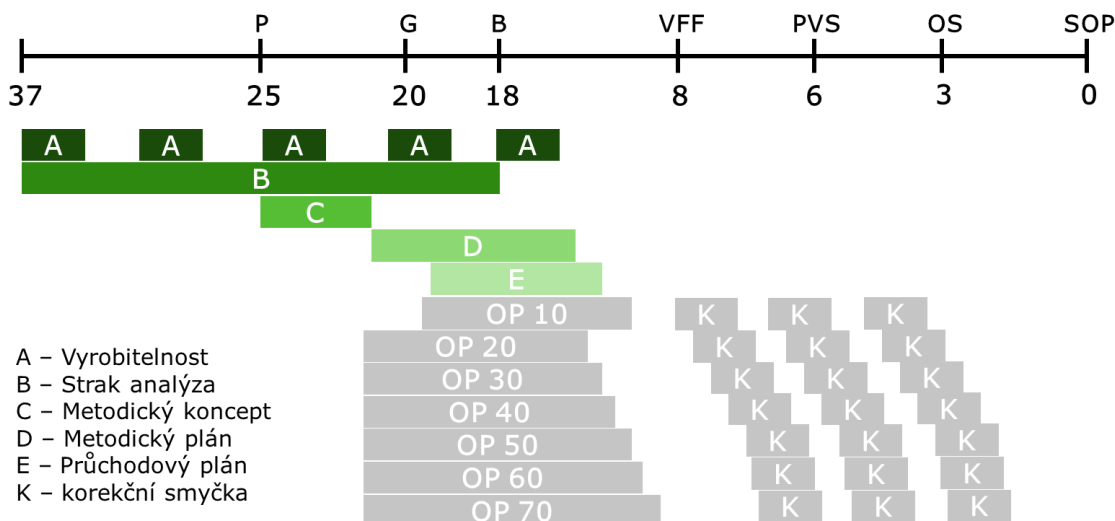
Předsériové výlisky hrají při výrobě lisovacího nářadí významnou roli a jsou zhotovovány v několika krocích. První, tzv. prototypové výlisky mohou být zkušebně lisovány již v nářadovně a je možné podle nich např. doladovat zapracování nástrojů. Další předsériové výlisky vznikají již v lisovně v tzv. VFF sérii (Vorserie Freigabe Fahrzeuge). Celkem vzniká zhruba 150 VFF výlisků v několika menších sériích. Výlisky VFF série slouží k odzkoušení výrobních zařízení např. ve svařovně, kde se na nich zkouší funkčnost svařovací linky, nebo v lisovně a montáži vozů, kde se doladuje kinematika pohybů s výlisky. Další série výlisků je označena PVS (Produktionsversuchserie) a celkově opět v několika menších sériích vzniká přibližně 200 kusů výlisků. Výlisky z této série slouží k odladění rozměrů a vyhovění auditu. Poslední sérií před zahájením sériové produkce je tzv. 0S – nultá série. Při té už vznikají kvalitní a přesné výlisky a jejich produkce je postupně zrychlována, až se linka dostane na takt plánovaný pro sériovou výrobu. Zajišťuje se tak bezproblémový chod lisovací linky během sériové produkce.

Z tohoto přehledu je zřejmé, že s objemem předsérie by se mělo počítat, neboť se jedná o nezanedbatelné množství výlisků. Navíc jsou tyto odlitky nezbytné pro optimalizaci celého procesu sériové výroby. Jistě tyto práce také zabírají kapacity lisovny, a proto je vhodné i s těmito přípravnými sériemi počítat. Dojde-li k definování objemů bez předsérie, je pravděpodobné, že při současné vytíženosti lisovny dojde k jednomu z následujících problémů:

- Budou se dále lisovat sériové výlisky pro výrobu nových vozů stávajících modelů a dojde k opoždění lisování předsérie a s tím spojenému odladění sériové výroby nového modelu.
- Přednost dostane lisování předsérie, což by obnášelo i jednu výměnu lisovacích nástrojů před lisováním a druhou po lisování předsériových výlisků. K poměrně značnému zpoždění by tak došlo ve výrobě výlisků potřebných pro stavbu vozů již zaběhlých modelů.

Kromě toho, že mají výlisky z každé série svůj účel, několik výlisků se používá i pro stavbu předsériových vozů.

[11]



Milník	Popis
P Freigabe	Uvolnění konstrukce (start nehmotné výroby)
G Freigabe	Uvolnění výroby odlitků (start hmotné výroby)
B Freigabe	Uvolnění výroby (start hmotné výroby)
VFF	Vorserie Freigabe Fahrzeuge
PVS	Produktionsversuchserie
OS	Null serie
SOP	Start of production

Obr. 33 Vývoj konstrukce lisovacího nářadí a orientační milníky vývoje vozu v měsících [15]

4.3 Rizika při konstrukci nářadí

Jak již bylo popsáno výše, před zahájením konstrukce je potřeba zhodnotit veškerá výrobní i procesní rizika. V této kapitole budou ale popsána rizika vznikající pouze při konstrukci lisovacího nářadí.

V dnešní době je konstrukce nářadí zejména „upravovací“ činnost. Téměř vše již bylo dříve konstruováno, a tak při konstrukci nástrojů např. pro lisování střechy se upravují již dříve vytvořené nástroje sloužící pro výrobu střechy jiného modelu. I tak se ale při konstrukci nářadí mohou vyskytnout různá rizika, která je možné rozdělit do dvou skupin:

- Rizika termínová – vznikají v důsledku toho, že v průběhu konstrukce stále ještě na nářadí probíhají změny a úpravy. Všechny tyto změny musí být do určitého termínu zapracovány i v konstrukci. Riziko pro konstruktéra nastává v případě, kdy je změněna část nástroje, která je již zkonstruována a termín pro tuto

změnu je krátký, protože musí být dodrženy všechny termínové milníky zobrazené v termínovém plánu na Obr. 33.

- Rizika technická – mají svůj původ většinou ve špatném návrhu nářadí. Jedná se například o případ, kdy navržený nástroj není vyrobitelný nebo není zajištěna procesní stabilita, pod čímž si můžeme představit poškození nástroje během výroby. K takové situaci dochází i u správně vyrobeného nástroje a při vhodně zvolených materiálech. Příčinou zásadně bývá složitý design karoserie, který vyžaduje nevhodné tvary některých částí nástroje. Kritickou součástí bývají vyplňovací klínové jednotky, které je potřeba vyrábět příliš úzké, a v průběhu používání dojde k jejich ulomení. Takovým případům se do určité míry předchází výrobou náhradních dílů. V případě poškození součásti se provede jejich výměna a nářadí funguje dál. Ne ve všech případech je ale možné pouhou výměnu provést, a proto je v těchto případech nutné již v průběhu konstrukce provést změny v nástroji či v krajních případech dokonce v designu vozu.

Mezi rizika patří jistě i špatné navržení tvarovací/střižné klínové jednotky. Tzv. nevyvážený klín znamená, že jedna strana klínové jednotky stříhá velký otvor a druhá vůbec nic nebo jen malé otvory. Dochází k rozdílnému namáhání a klínová jednotka může prasknout/zlomit se. Těmto situacím se předchází tak, že na straně nečinné plochy se na klínovou jednotku umísťuje tvarová deska, která jednak tvaruje plech a jednak na klínovou jednotku vyvozuje požadovaný tlak, aby byla vyvážená. Dalším možným řešením je upravit strižnou rovinu na více namáhané straně klínové jednotky tak, aby došlo k postupnému stříhu – tzn. naklopit strižnou rovinu. Nejčastěji je ale snaha nevyvážené klíny už ve fázi konstrukce upravit a minimalizovat riziko jejich zlomení v průběhu používání. V některých případech však toto není možné, a proto se vyrábějí klínové jednotky jako náhradní kusy, aby bylo možné je v případě poškození nahradit a pokračovat ve výrobě.

[11]

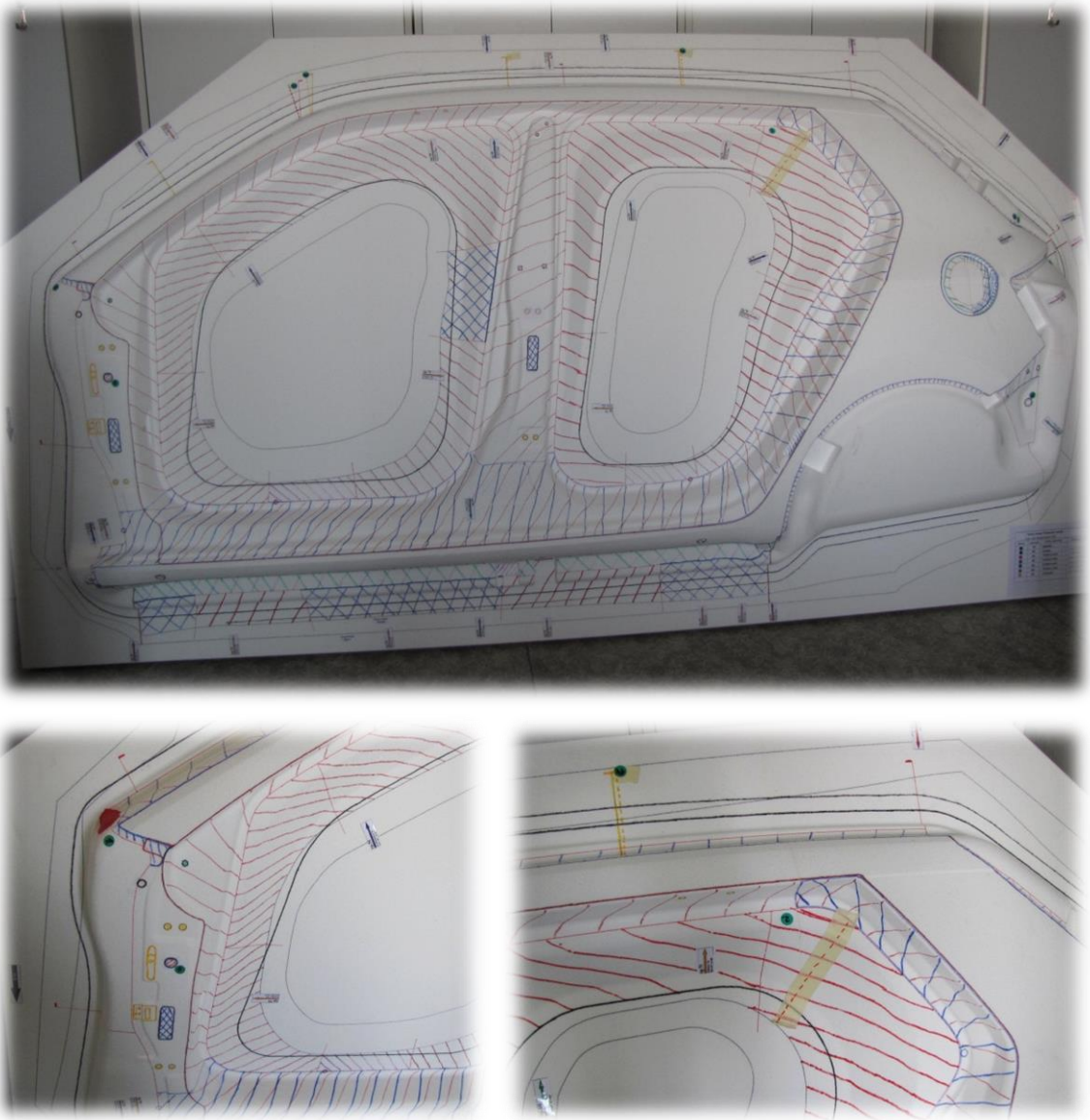
Při konstrukci se také může stát chyba způsobující nesoulad jednotlivých typů dat (BMG, BM, NCM). Nesoulad dat by vyvolal chybné frézování částí (např. 2D plochy správně, ale 3D už ne). Jednotlivé díly by pak do sebe nepasovaly, jak mají, nebo by mohla být dokonce znemožněna montáž kompletního nástroje. Z tohoto důvodu probíhá mimo běžné kontroly i tzv. schvalování konstrukce, které bude popsáno dohromady se schvalováním modelu v kapitole 4.4.2. [8]

4.4 Rizika při výrobě polystyrenového modelu

Tato kapitola blíže popisuje možná rizika výroby polystyrenového modelu. Zabývá se kontrolou hotového modelu a jeho schvalováním, přesností, tolerancemi a kvalitou povrchu modelu. Dále také možnostmi opravy v případě poškození modelu a rizikem vzniklým výrobou modelů na sklad.

4.4.1 Kontrola modelu

Po vyfrézování modelu, případně po spojení jednotlivých vyfrézovaných částí modelu následuje jeho kontrola – rizika jsou tentokrát uvedena a hodnocena v dokumentu Procesní FMEA. Model se kontroluje pomocí fotometrie nebo v případě menších modelů se používá i dotyková metoda. Volba metody měření se provádí převážně na základě volných kapacit. Vhodnější je pro tyto účely ovšem fotometrie, která zjistí rozměry součásti a odhalí i odchylky oproti plánovanému tvaru a rozměrům. V ideálním případě by byl takto kontrolován celý model, ale z kapacitních a časových důvodů toto nelze uskutečnit a kontrolovány jsou pouze nejdůležitější pozice modelů. Určité riziko tedy vzniká v možnosti chyby v nezkontrolovaném místě. Toto riziko ale nemá tak velký vliv na výsledný nástroj, protože se nenachází v důležité pozici. Navíc se může nacházet pouze v oblasti přídávku, který bude obroben. Řešením tohoto rizika by bylo zkontrolovat pomocí fotometrie celý model. Z kapacitních důvodů toto ale není možné.



Obr. 34 Polystyrenový model pro určení procesů v jednotlivých operacích [12]

4.4.2 Schvalování modelu

Model musí v první fázi (CAD dat) projít tzv. schvalováním konstrukce, kterého se účastní zástupci konstrukce, technologie i třeba montáže nástrojů. Hlavně je to ale zástupce zákazníka – lisovny. Zástupce každé skupiny zná problémové oblasti odlitků/nástrojů a na 3D CAD modelu kontroluje právě oblasti, které by mohly vyvolat problém při výrobě nástroje v rámci oddělení, které zastupuje. Ne všechny nedostatky jsou ale odhaleny již v této fázi, a proto po vyfrézování modelu z polystyrenu probíhá ještě tzv. schvalování modelu, při kterém se vše ještě jednou kontroluje na fyzickém díle.

Mohou se tak například objevit připomínky k:

- malé/příliš velké tloušťce žeber a následné tuhosti nástroje
- nevhodně umístěným manipulačním otvorům
- místům, kde se hromadí a udržuje olej
- místům, kde je potřeba dodělat různé otvory pro vedení elektroinstalace nástroje

Dále je během schvalování modelu kontrolována jeho pevnost. Dochází k různým zkušebním ohybům nebo torzím a kontroluje se deformace modelu. To dává představu o finální tuhosti odlitku, neboť model je obrazem budoucího odlitku. Také se pro ověření kontroluje rastr vzduchových čepů, které pohybují s přidržovačem, a proto jim nesmí nic bránit v pohybu.

Určitým rizikem je ale i to, že schvalováním modelů prochází pouze jeden z párových nástrojů. Například z nářadí na levou a pravou postranici probíhá schvalování pouze u jedné a navržené úpravy musí být provedeny na obou nástrojích stejně. Aby se na nic neopomnělo, je kontrole věnována velká pozornost.

Je důležité všechny tyto rizikové oblasti zkontrolovat a odstranit již ve fázi konstrukce či polystyrenového modelu, kdy není tak komplikované a nákladné model upravit, či v krajním případě vyrobit znovu, než by tomu bylo v případě již hotového kovového odlitku. Z tohoto důvodu nikdy schvalováním modelu neprojde model, který zcela nevyhovuje všem požadavkům. [8]

4.4.3 Přesnost a tolerance

Přesnost a tolerance při frézování modelu se zdaleka neřeší do takové míry jako při obrábění kovu. Při obrábění polystyrenu to ani není možné. Obráběcí stroj má přesnost v řádu setin milimetru, ale horší je to s obráběným materiálem. V případě frézování modelu to však není žádný velký problém. Na polystyrenový model se běžně používají přídávky v rozmezí 10 až 20 mm, v případě největších odlitků (až 2,5 x 4,5 m) nejsou výjimkou ani přídávky 25 mm. Není proto závadou obrábění modelu s přesností na cca 2 mm.

Velikost přídávky byla v minulosti také velmi diskutované téma, protože při příliš velkých přídávkách má odlitek větší objem, a tudíž se na jeho výrobu spotřebuje větší množství kovu a následně je nutné frézovat velké množství materiálu. Přídávky se

zkoušely zmenšovat za účelem úspory času i financí, až byl nalezen optimální stav. V dnešní době je však trend přídavky v určitých partiích odlitku opět zvětšovat, protože při zmíněné vyšší rychlosti produkce většinou probíhají úpravy výlisků i ve fázi výroby odlitku a na tyto změny je pak nutné reagovat například vyfrézováním odlitku do jiného tvaru. To by ale s minimálními přídavky nebylo možné.

Není-li dodržena přesnost, která je pro frézování modelu velmi mírná a stane se, že někde chybí velká část materiálu, není problém tuto část dolepit. V případě materiálu, který někde přebývá, dojde k opětovnému obrobení daného místa modelu. Na to, aby se musel model kompletně nově frézovat, by bylo potřeba získat povrch s extrémními odchylkami rozměrů v celé jeho délce. Při obrábění na funkční frézce na jedno upnutí prakticky není možné takto znehodnocený model získat. [11]

4.4.4 Kvalita povrchu modelu

Po frézování vykazuje povrch polystyrenu určitou drsnost a ta vzhledem ke struktuře napěněného polystyrenu nelze odstranit. Nevhodné je však, jsou-li na povrchu „vysekaná“ místa a podobné extrémní nerovnosti. Přestože by se takové vady daly přehlédnout z hlediska rozměrů, které jsou menší než přídavek, není vhodné, aby se na modelu taková místa vyskytovala, neboť se veškeré vady modelu přenesou do samotného odlitku a při následném frézování by docházelo k příliš velkým rázům do pohybující se frézy, která by se tímto rychle otupila nebo by došlo až k její destrukci. K zamezení tvorby extrémních nerovností na povrchu polystyrenového modelu se používají vhodné řezné podmínky pro strojní opracování polystyrenu.

4.4.5 Poškození modelu

V případě, že se hotový nebo z části hotový model poškodí či odlomí v již ořezované části, není potřeba model vyřadit a začít znovu. V takových případech se dolepí část nového polystyrenu a z programu pro frézování celého modelu se v podstatě separuje část pro obrobení postižené oblasti nebo se vytvoří nový program pouze pro tuto část, která se znovu frézuje. Tímto postupem je možné opravit téměř každou vadu modelu a je tak z velké části odstraněno riziko výroby nového modelu v případě poškození stávajícího.

Další riziko představuje manipulace s modelem. I při ní totiž může dojít k poškození modelu. Při extrémní chybě v konstrukci by došlo ke zlomení modelu, ale taková chyba

se nestává, neboť polystyrenový model je obrazem budoucího nástroje, tudíž musí mít dostatečnou pevnost.

4.4.6 Lepení polystyrenového modelu

Při opravách či výrobě modelu sestaveného z několika částí se polystyrenové díly lepí k sobě. Používá se "Transparentní rozpouštědlové lepidlo vhodné na všechny druhy polystyrenu". Obchodní označení tohoto lepidla je UNILEP LA (viz. Obr. 35). Při lepení se lepidlo nanese na oba spojované díly, lepidlo se nechá 5 – 7 minut na vzduchu a následně se lepené části spojí k sobě. Lepený spoj se pak překrývá úzkou papírovou lepicí páskou z důvodu, aby se do spoje nedostaly nečistoty nebo formovací směs při zaformování modelu ve slévárně a předešlo se tak vzniku nekvalitního odlitku.



Obr. 35 Lepidlo používané na polystyrenové modely [16]

Před frézováním modelu se polystyrenový polotovar musí upevnit ke stolu frézky tak, aby byla splněna podmínka na co nejméně přeupínání. Vzhledem k velmi nízké tvrdosti a pevnosti polystyrenu se nepoužívá k upnutí žádné sklíčidlo ani upínky, ale na spodní plochu polotovaru je nalepena běžná širší papírová páska a na takto připravenou plochu se lepí oboustranně lepicí páska, pomocí které je polotovar přilepen na pracovní desku frézky.

4.4.7 Výroba modelů na sklad

Výroba polystyrenových modelů s velkým předstihem, tzv. na sklad je velkým rizikem přesto, že by se tímto postupem mohla nepatrně urychlit výroba. Vyfrézovaný polystyren není možné delší dobu skladovat, protože se jedná o materiál, který „neustále pracuje“, a tak by model, který se vyfrézuje a uloží na sklad, následně při použití měl jiné rozměry, než je požadováno. Model by se pak musel upravovat, což by ve finále mohlo vést až k prodloužení celé výroby modelu. Modely se proto frézují až bezprostředně před jejich odesláním do slévárny. [8]

4.5 Rizika spojená s odlitkem

V této kapitole jsou uvedena rizika týkající se odlitku. Protože je výroba odlitků vždy řešena externě, jsou zde popsána rizika z pohledu ŠKODA AUTO, jako je dodání odlitku, jeho kontrola a problematika volby materiálu pro výrobu odlitků.

4.5.1 Dodání odlitku

Někdy se stane, že je odlitek při přepravě poškozen. Za takto vzniklý problém je vždy zodpovědný dopravce. ŠKODA AUTO nemá svoji dopravu, a proto je doprava vždy objednána u externí firmy. Přepravu objednává buď společnost ŠKODA AUTO, nebo si ji zajistí sama slévárna, ve které je odlitek vyráběn. Při poškození odlitku se vždy zjišťuje, zda je poškození v blízkosti funkčních ploch. Dále se přistupuje, je-li to možné, k opravě vzniklých defektů. Oprava je možná svařením či sešroubováním. Takto opravený odlitek dále slouží téměř stejně jako odlitek nepoškozený.

4.5.2 Kontrola odlitku

Při vstupu nového surového odlitku zpět do ŠKODA AUTO je odlitek zhodnocen z hlediska vad. Z časových důvodů není možné každý odlitek kontrolovat několika různými metodami, ale každý odlitek je zkontrolován z hlediska rozměrů, kdy jsou dotykově (viz. Obr. 36), či fotometrií měřeny zejména rozměry přídavek na obrábění v nejdůležitějších partiích odlitku. Výhoda vyplývající z použití fotometrie opět spočívá v nasnímání celého odlitku a vytvoření 3D modelu skutečných rozměrů. Na tomto 3D modelu jsou následně vytvářeny dráhy pro frézování jednotlivých částí nástrojů.

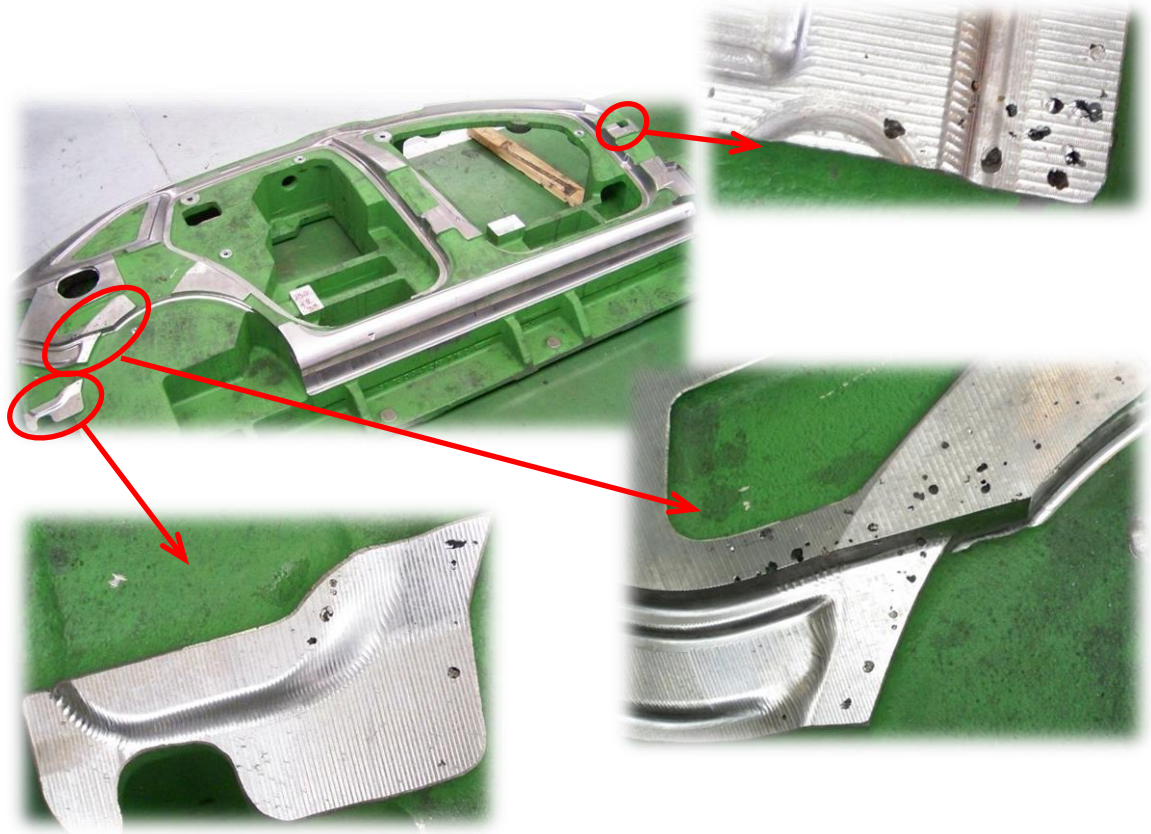


Obr. 36 Měření dotykovou metodou (3D souřadnicový měřicí systém) [11]

Další kontrolou procházejí pouze namátkově vybrané odlitky. V tomto případě se jedná o kontrolu dodržení požadavků na materiál a jeho jakost. Pro účel této kontroly slouží kontrolní nálitky, kterých je na každém odlitku hned několik. Tyto nálitky se z každého nástroje archivují pro případ poškození nástroje v průběhu jeho používání. Je tak možné zjistit, jestli k závadě na nástroji došlo z důvodu záměny materiálů ve slévárně. S materiálem se kontroluje i jeho tvrdost a možnost kalení. Po indukčním kalení musí mít např. nástroj pro tahovou operaci tvrdost minimálně 54 HRC. Dále se každý odlitek prohlíží opticky. I při této zdánlivě neúčinné metodě je zkušené oko schopné odhalit velké množství nedostatků a potenciálních vad. Dojde-li k podezření na určité vady, přistupuje se k detailnějšímu prozkoumání odlitku. Například se odlitek navrtává na několika místech a zjišťuje se výskyt dalších vad. Dalším způsobem zjištění vnitřních vad je jejich odhalení během frézování. Ve všech případech, kdy je odhalena nějaká vada se vždy provede kontrolní rozbor materiálu odlitku. Zjistí-li se vada na méně důležité pozici, nebo je-li její výskyt ojedinělý v celém odlitku, dojde k její opravě vyfrézováním a vyvařením daného místa. [11]



Obr. 37 Vadný odlitek – prasklina [17]



Obr. 38 Vadný odlitek – poréznost [17]

Je však možné se setkat i s případem, kdy je na odlitku na první pohled vidět, že něco není v pořádku, protože na již hotovém odlitku je dolita část materiálu. To bývá z důvodu, že slévárna chce zakrýt nějaký problém. Po detailnějším prozkoumání odlitku se pak ukáže, že odlitek je nekvalitní a zřejmě nebyly dodrženy správné zásady slévárenské technologie. Jsou-li vnitřní vady – dutiny a staženiny – po celém odlitku nebo v blízkosti funkčních ploch budoucího nástroje, není možné přijmout takový odlitek jako vhodný polotovár pro výrobu náradí a celý odlitek musí být znovu a kvalitně odlitý. Nejčastěji těmito vadami trpí ocelové odlitky. Jakékoliv opravy či úpravy odlitku jsou buď navrhovány společností ŠKODA AUTO, nebo je navrhuje slévárna a v tomto případě musí vždy projít schvalovacím procesem ve společnosti. I v případě, že musí být vyroben nový odlitek, nečeká se na jeho zhotovení, ale výroba náradí, zapracování atd. pokračují dále s vadným odlitkem, protože je nutné dodržet všechny termíny výroby náradí. Během prací na vadném odlitku se vyrábí nový a poté je na něm intenzivně pracováno, než dožene předchozí – vadný – odlitek, který je novým nahrazen.

K zamezení problémů vzniklých nesprávným slévárenským postupem je trend posledních let takový, že automobilka poskytne slévárně data požadovaného odlitku a slévárna následně zhodnotí možnosti pro vytvoření kvalitního odlitku. Druhou možností je, že společnost ŠKODA AUTO sama navrhne postup odlévání a slévárna ho schválí jako vhodný pro odlití požadovaného dílu nebo navrhne jisté úpravy, které pomohou zkvalitnit výsledný odlitek. Vzhledem ke způsobu odlévání – vzhůru nohama – je důležité, aby nejkvalitnější materiál byl ve spodní části a polystyren se spaloval postupně směrem vzhůru. Nejčastěji používanými úpravami pro odlévání je vkládání litinových jader do polystyrenového modelu. Tato válcová jádra průměru přibližně 100 milimetrů mají funkci jakýchsi vnitřních chladítek. Válcových jader může být v rozměrných odlitcích i deset a pomocí nich se v požadovaných místech ochlazuje tekutý kov a zamezuje se tak tvorbě staženin při smršťování materiálu způsobeného jeho chladnutím. Ve finále je tímto postupem vytvořen kvalitní odlitek.

4.5.3 Materiály používané pro odlévání

Pro odlévání součástí lisovacích nástrojů se používá litina s lupínkovým grafitem, litina s kuličkovým grafitem a ocel na odlitky. Nepoužívá se však pouze jeden konkrétní typ každého materiálu. Příklad si můžeme uvést na nástrojích pro lisování vnější kapoty Škody Superb třetí generace. Spodní díl nástroje se vždy vyrábí z litiny s lupínkovým grafitem EN-JL 1040, ale třeba litina s kuličkovým grafitem pro odlití přídržovače se téměř v každé operaci liší. Pro tahovou operaci (OP 20) je použit materiál EN-JS 1070, v operaci 30 materiál EN-JS 1050 a v operacích 60 a 70 EN-JS 1070. Ocel na odlitky se také používá v několika různých složeních. Například pro nástavek v operaci 30 je využit materiál 1.2333, ale v operaci 60 a 70 je nástavek vytvořen z 1.2769S. Další používanou ocelí je např. 1.2320, ze které se zhotovují rotační klínové jednotky či tvarové vložky. Tvarovací a střížné klínové jednotky jsou také vyráběny z oceli (1.2769S), ale například v operaci 70 jsou klínové jednotky odlity z litiny s kuličkovým grafitem EN-JS 1070.

Materiál je určován podle interních norem a existují i návody pro jeho určování. Navíc má každý nástroj svého garanta, který provádí veškeré kontroly. Tak důležitý parametr jako je zvolený materiál, je proto několikrát kontrolován, aby nedošlo k jeho záměně.

[18]

Tab. 2 Přehled používaných materiálů pro výrobu lisovacích nástrojů [18]

Značení Materiál	nové - EN	staré	ČSN
Litina:	EN – JL 1040	GG-25	42 2425
	EN – JS 1050	GG-30	42 2430
		GGG-50	42 2305
	EN – JS 1060	GGG-60	42 2306
EN – JS 1070	GGG-70	42 2307	
Lité nástrojové oceli:	1.2769S	G-45 Cr Mo	
	1.2333	G-59 Cr Mo 18 – 5	

4.6 Rizika při frézování součástí

Tato kapitola je věnována rizikům, která mohou nastat při strojním opracování odlitků. Jedná se o rizika při upínání polotovaru na pracovní desku frézky, nebo při obrábění kaleného materiálu.

4.6.1 Upnutí polotovaru

Při upínání odlitku do frézovacího stroje nedojde k poškození odlitku. Při neopatrné manipulaci s tak rozměrným a hmotným dílem však může dojít k poškození frézky. Když dojde k poškození stroje, je nutná jeho oprava, ale žádný stroj není nenahraditelný, a tak je nutné velmi pečlivě naplánovat průběh prací na jiných strojích, aby byly dodrženy termíny výroby a bylo možné zorganizovat práci jiných, již vytížených frézek. Odlitek se před obráběním upíná na tzv. kostky, kterými je podložen. V současné době se začínají řešit i průhyby odlitků po uložení na kostky, neboť vysoká hmotnost odlitku podložena pouze na několika místech může způsobit průhyb ovlivňující finální přesnost obrábění. Další možnost upnutí odlitku do frézky je pomocí přesně předvrtaných středících BL otvorů (2 otvory pro středění vyvrtané v ose X nástroje – 1 přesný s tolerancí H7 a druhý s vůlí v ose Y).

Kromě rizika poškození při upínání může vlivem špatného upnutí dojít i ke spuštění frézovacího programu na špatném místě odlitku. V případě, že stroj obrábí jinde než má, vždy za to může lidský faktor. Tato chyba většinou vzniká u první frézovací operace, kdy se na odlitku nepřesně určí počátek. Správná „nula“ je u menších dílů určena tzv. prorýsováním, kdy se srovnává naskenovaný odlitek s daty a „rýsují“ se osy, které následně vytvoří počátek. Tato „rýsovací operace“ probíhá přesně a při následném frézování je nutné pouze dodržet předepsané postupy a stroj poté udělá většinu práce sám

a přesně. U velkých dílů probíhá nalezení souřadného systému pro ustavení odlitku do frézovacího stroje do jisté míry automaticky. Je potřeba vyrovnat hrany odlitku do pozic, ve kterých mají na frézce být a následně si stroj „řukne“ začátek a konec polotovaru a sám si vypočte souřadnice středu. Střed nahraného obráběcího programu si pak nastaví na reálně určený střed a jako první provede vyvrtání osových otvorů, které jsou od té chvíle pevně dány a všechny následné operace se orientují podle těchto přesných osových otvorů. Následně se pak může zahájit hrubování potřebných ploch nástroje.



Obr. 39 Hrubování odlitku [19]

Přesto, že je ustavení z velké části automatizováno, se však vyskytnou chyby a práce se komplikuje nutnými opravami. Může se stát, že upnutí polotovaru proběhne špatně a stroj následně podle nahraného programu obrábí jinde, než bylo zamýšleno. Stalo se například, že kvůli nepozornosti obsluhy byl tvar funkční plochy obroben s minusovým offsetem v ose Z. Takový problém se pak vyřešil relativně jednoduše podložením nástavku. K takovým chybám ale může dojít jen na základě lidského faktoru – nepozornosti obsluhy, protože stroj si přesně podle osových otvorů zmapuje místo, kde má obrábět.

4.6.2 Obrábění kaleného materiálu

Zakalený materiál není tak snadné obrábět jako materiál bez tepelného zpracování, ale možné to je. V případě kalených ploch lisovacího náradí je to dokonce nutné. Je však

potřeba při tom počítat s rychlejším otupením nástrojů nebo s větším zahříváním celé soustavy nástroj – obrobek.

V případě obrábění těchto velmi tvrdých zakalených míst se volí odlišné řezné podmínky, než při obrábění běžného materiálu. Řezný proces také usnadňuje vysoký výkon používaných frézek velkých rozměrů. Pro frézování se většinou používají frézy s výměnnými břitovými destičkami a po otupení nástroje se břitové destičky mění, což může u některých nástrojů trvat delší dobu (viz. Obr. 40). Z tohoto důvodu je potřeba, aby nářadovna měla dostatečné množství všech používaných řezných nástrojů, aby nedocházelo ke zdržení výroby v době výměny břitových destiček.



Obr. 40 Fréza s velkým počtem břitových destiček [20]

4.7 Rizika při montáži nářadí

Tato kapitola popisuje rizika, která mohou nastat při montáži jednotlivých dílů nářadí v jeden celek. Je zde popsána manipulace s díly a organizace práce, poškození dílů při montáži nebo problematika dodržování správného postupu montáže.

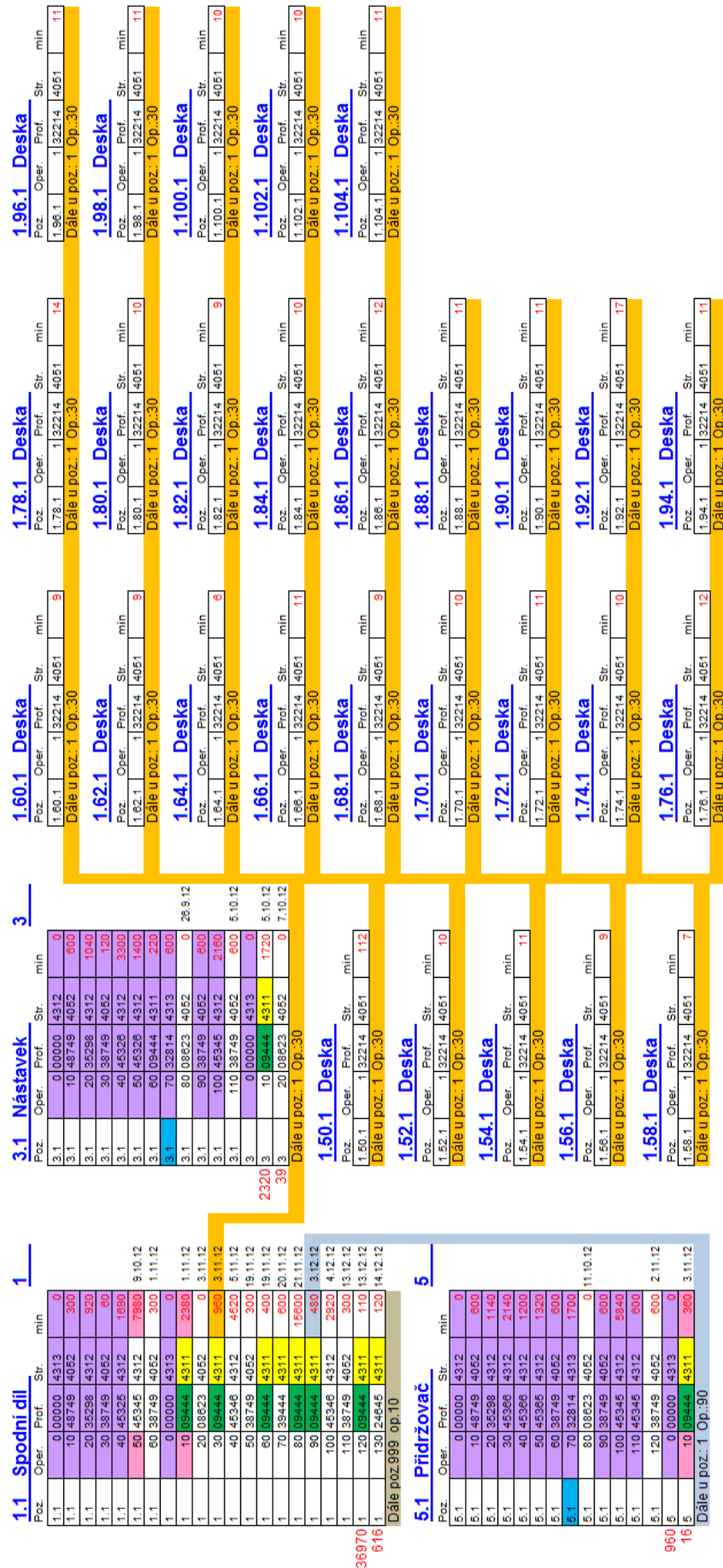
4.7.1 Manipulace s díly, organizace práce

V případě rámu, či jiných rozměrných a hmotných dílů jejich manipulace probíhá pomocí mostového jeřábu. V nářadovně ŠKODA AUTO se používá několik jeřábů. Jejich nosnost se pohybuje od 8 t do 70 t a každý z jeřábů je vybaven i pomocným zdvihem. U nejmenšího jsou to 4 t a u největšího 32 t. Jelikož je celá montáž nářadí ruční práce, manipulace s menšími díly probíhá ručně příslušnými pracovníky montáže.

Určitým rizikem je i správná organizace a příprava všech částí potřebných pro hladký průběh montáže. Za tímto účelem již při konstrukci konkrétního lisovacího nástroje vzniká v oddělení konstrukce i kusovník obsahující všechny části, ze kterých je nástroj, respektive každá polovina nástroje vytvořena. Podle tohoto kusovníku jsou objednány všechny potřebné normalizované díly. Tyto součásti jsou následně umístěny do „výtahových skladů“ na hale nářadovny, kde v první a polovině druhé lodi probíhá i samotná montáž. V těchto skladech jsou díly k dispozici a v případě jejich potřeby každý pracovník montáže ví, kam pro ně sáhnout. Tímto způsobem jsou uskladněny všechny součásti pro montáž nářadí. Neexistuje jedna „hromádka“, kde by bylo vše pro montáž jednoho konkrétního nástroje, protože by dříve nebo později vznikl chaos a díly by se mohly i ztratit.

K organizaci montáže pomáhají síťové grafy (viz. Obr. 41), ve kterých je zřetelné, jaké díly z jakého místa budou potřeba při montáži daného nástroje. Všechny díly, které jsou určeny pro konkrétní nástroj, jsou označeny příslušnou značkou, takže k jejich záměně může dojít pouze v případě chyby. K chybě může dojít kdekoliv v řetězu konstrukce – objednání – výrobce – příprava montáže – montáž. Čím dříve k chybě dojde, tím větší riziko vzniká.

[11]



Obr. 41 Síťový graf montáže lisovacího nástroje [21]

4.7.2 Poškození dílu

Samozřejmě i u montáže se jako u všech operací vyskytuje určité riziko poškození některého z montovaných dílů. Přimo u této výrobní fáze však toto riziko není ničím zvýšené. Montáž totiž provádějí kvalifikovaní a zkušení pracovníci.

4.7.3 Správný postup montáže

Pořadí montáže je určitě důležitá věc zejména pro správnou funkci nástroje. Dodržování správného postupu do jisté míry zajišťují opět zkušenosti montážních pracovníků. Většina dílů je tak na rám nástroje montována bez potřeby jakýchkoliv návodů. Když si ale pracovník v něčem není jistý, má k dispozici výkresovou dokumentaci zhotovenou pouze za účelem správné montáže. V případě potřeby je dále možné podívat se i na obrázky správně smontovaného požadovaného místa. Obrázky pro potřeby montáže vytváří z dat v CATII oddělení konstrukce. [11]



Obr. 42 Montáž nářadí [11]

4.8 Rizika při projetí na kolizi

Možná kolize při prvotním spasování obou polovin nástroje se většinou odhalí tak, že se mezi nástroje vkládá cín, který je měkký a při jeho deformaci nedojde k poškození nářadí. Poloviny nástroje pak nesjíždí až k sobě a postupně se prohlíží cínový "výlisek", na kterém se místa možných kolizí zobrazí ve formě nejmenší tloušťky materiálu. Dalším způsobem odhalení možné kolize je vkládání různých drátků na nejproblémovější místa.

V minulosti docházelo běžně i ke 3 až 4 kolizím na jednom nástroji. Tento problém se z velké části podařilo vyřešit pomocí virtuálního projetí na kolizi pomocí kinematického softwaru PLS nebo přímo v CATII, pro kterou také existuje doplněk určující kolize. Mimo to je možné první kolize nástroje odhalit už během simulací procesu lisování a následně také při simulacích celého procesu i s průchodem výlisku lisem. To umožňuje odhalit i vnitřní kolize uvnitř nástrojů. [11]

4.9 Rizika při sériové produkci

Při sériové výrobě v lisovně může nastat problém ve formě založení dvou nástřihů plechu do nástroje na tahovou operaci. Tomuto se snaží předejít magnetické oddělování plechů při jejich řazení na pás dodávající nástřihy do nástroje a dále dvě různá čidla na témže pásu. Jedno čidlo kontroluje hmotnost a druhé opticky přítomnost pouze jednoho plechu.

V lisovně se ale stává i případ, kdy dojde k založení výlisku z předchozí do nové operace, odkud ale nebyl odebrán předchozí výlisek. V každém nástroji je čidlo, které by takovou skutečnost mělo odhalit, ale i přesto se bohužel takové případy stávají. Stejně tomu tak je i v případě se zakládáním nástřihů. Čidla jsou buď špatně zapojena a dojde k jejich rozpojení nebo nefungují správně.

Založení dvou nástřihů/výlisků může způsobit i vážné poškození lisovacích nástrojů. Stal se případ, kdy došlo k založení dvou nástřihů, a po sevření obou polovin nástroje k sobě byl vyvolán takový tlak, až došlo k rozlomení celé poloviny nástroje a linka se pak musela na poměrně dlouhou dobu zastavit, než došlo k sešroubování a svaření zlomené poloviny. Čekání na výrobu kompletně nového nástroje není v takovou chvíli možné, neboť jeho výroba trvá přibližně půl roku a zastavení výroby na takovou dobu je nepředstavitelné.

5 Rizika řešená v současné době

V současné době je většina procesních rizik vyřešena na přijatelnou úroveň a následné úpravy stávajícího procesu by znamenaly obrovské investice s výsledkem tak malým, že pro tyto investice nemá opodstatnění. Vhodné k řešení se ukazují tři základní témata. Dvě z nich souvisejí s výliskem, kdy se jedná o vady rozměrové a auditové. Tato témata jsou řešena již řadu let, ale pořád je poměrně dost prostoru ke zlepšení a trvalému zajištění výlisků přesných rozměrů a požadované kvality povrchu.

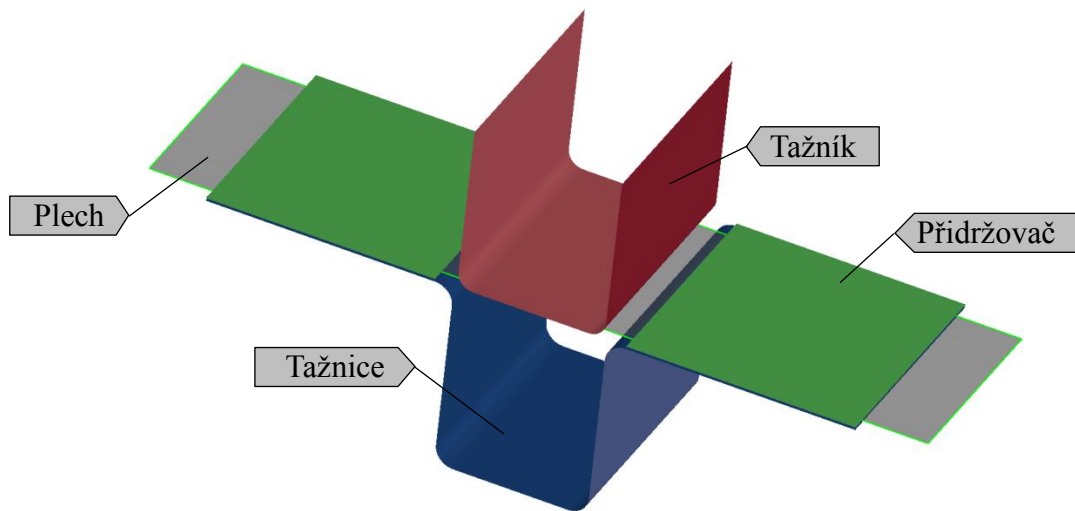
Třetím tématem, které je v současné době řešeno, je otázka průhybů nástroje. Tento problém souvisí s výrobou lisovacího nástroje, a proto jsem si ho vybral pro svou práci jako stěžejní a budu se jím v následující kapitole zabývat detailněji. Nejprve ale budou blíže popsány zbylé dvě problémové oblasti.

5.1 Rozměrové vady

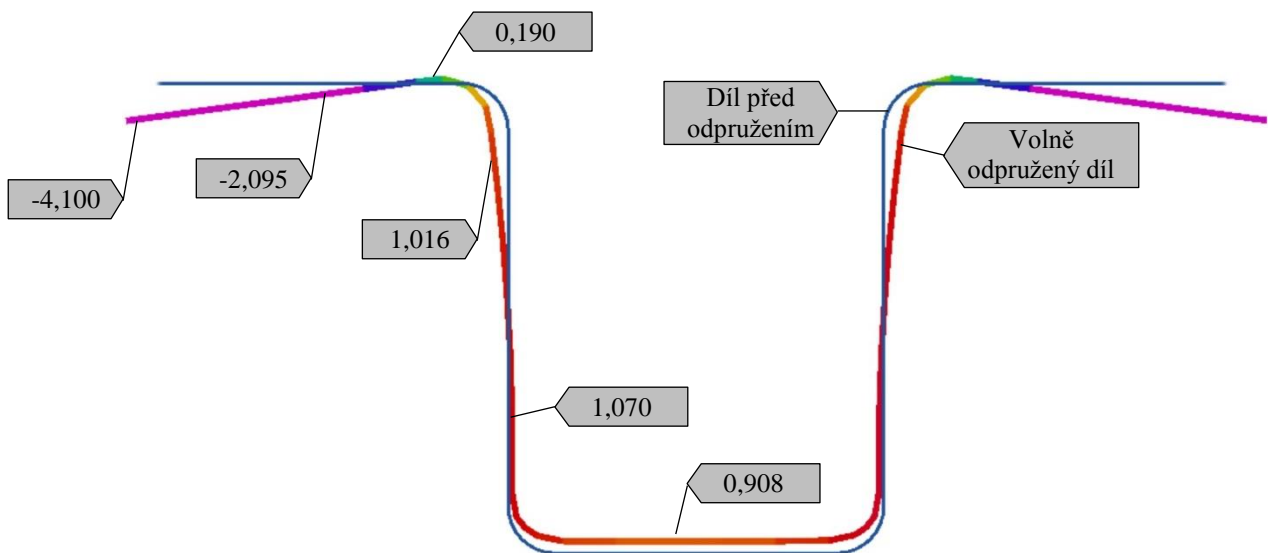
Do skupiny těchto vad patří, jak už bylo popsáno výše, všechny odchylky rozměrů výlisku. Tyto vady jsou na výliscích způsobeny špatnou výrobou náradí, k čemuž ale běžně nedochází díky nejrůznějším a poměrně častým kontrolám celého procesu. Dalším a nejdůležitějším důvodem vzniku rozměrových odchylek je odpružení výlisků po uvolnění.

Odpružení vzniká u každého vyrobeného výlisku a je ovlivněno celou řadou parametrů lisování i materiálu výlisku. Zjednodušeně si můžeme odpružení představit na následujících obrázcích (Obr. 43, Obr. 44, Obr. 45), kde je znázorněn požadovaný tvar výlisku, který plech získá po dosednutí obou polovin nástroje na sebe, a dále volně odpružený díl, který vznikne po odjetí obou polovin nástroje od sebe a vyjmutí výlisku.

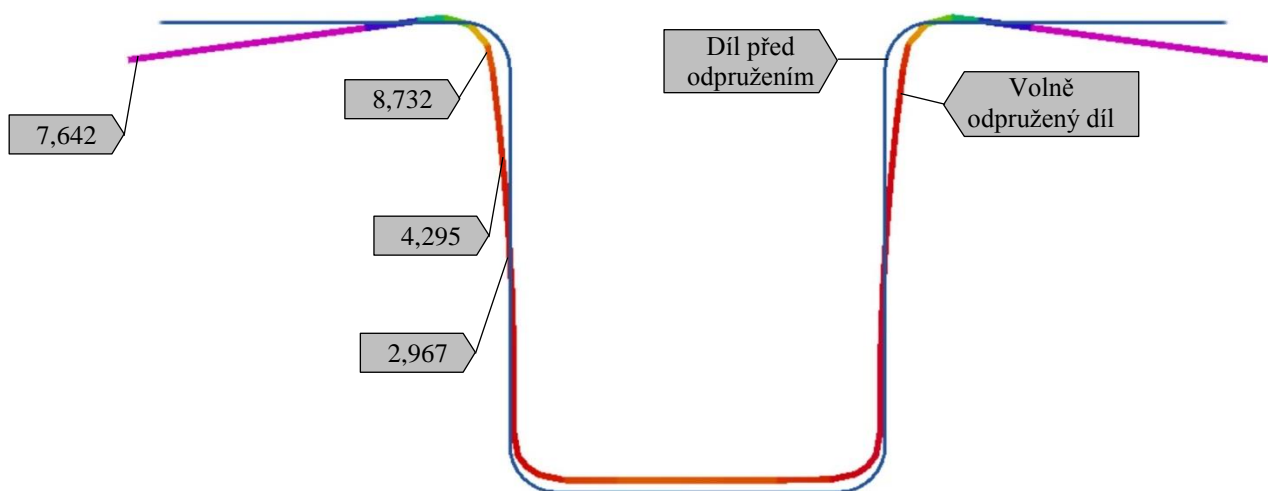
Odpružení výlisků je však široké téma a následující obrázky jsou pouze ilustrativní. Je na nich zobrazen velmi jednoduchý příklad tažení plechu tloušťky 0,7 mm z materiálu DX 56 D a znázorněný odpružený výlisek je pouze po tahové operaci. Simulace tažení byla provedena pomocí softwaru používaného ve ŠKODA AUTO – AutoForm R5.2.



Obr. 43 Ukázkový příklad odpružení

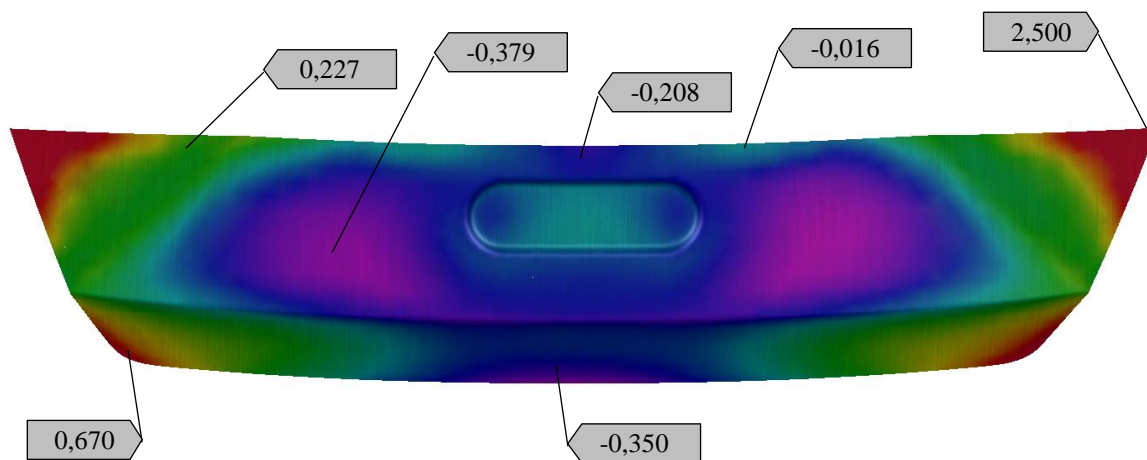


Obr. 44 Odpružení dílu v ose Z v mm



Obr. 45 Úhlová změna ve stupních způsobená odpružením

Pro srovnání s jednoduchým příkladem výše je na následujícím obrázku (Obr. 46) zobrazeno volné odpružení reálného výlisku. Jedná se o nejjednodušší díl celé karoserie – spodní díl vrchních pátých dveří.



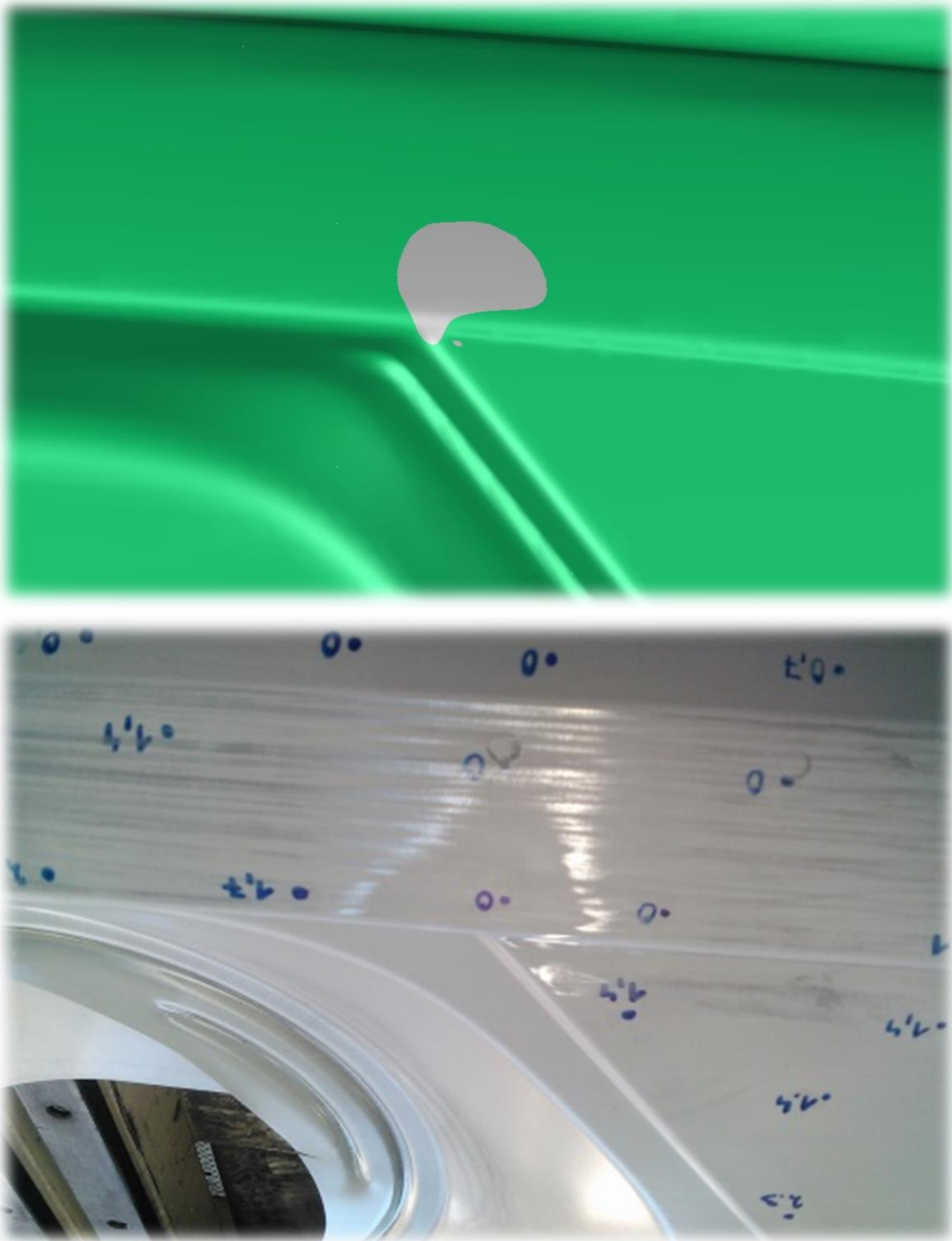
Obr. 46 Odpružení spodních pátých dveří (plech DC 06, tloušťka 0,7 mm)

Cílem řešení tohoto problému je analyzovat a následně určit kde, k jakému směru a jaké velikosti odpružení dojde, a to již ve fázi simulací procesu během metodického plánování. Tento postup by ušetřil obrovské finanční náklady, neboť s přesnou predikcí odpružení by bylo možné vyrábět lisovací nástroje již s korekcí odpružení tak, aby se výlisek odpružil právě do požadovaného výsledného tvaru a rozměrů, a předešlo by se tak složitým a nákladným následným pracím na nástroji.

I přesto, že jsou v současné době simulační programy již na vysoké úrovni a dokáží věrně simulovat proces výroby výlisku, důvěryhodně simulovat všechny parametry odpružení zatím nedokáží. Pomocí používaného programu – AutoForm – je zatím možné správně určit pouze směr odpružení plechu a ostatní hodnoty nejsou přesné.

5.2 Auditové vady

Auditovými vadami se rozumí vady povrchu. I tento typ vad výlisků byl již popsán výše. Také byla popsána technika „bombírování“, která pomáhá vytvořit bezvadný povrch výlisků. I tyto vady vznikají z důvodu odpružení plechu, které je popsáno v předchozí podkapitole. V tomto případě ale odpružení výrazně nemění rozměry ani tvar výlisku, ale má vliv pouze na jeho povrch. Je možné sem zařadit např. propadliny (viz. Obr. 47), které se zjišťují pomocí již zmíněného brouskování povrchu hotového výlisku.



Obr. 47 Nevypnuté místo v simulaci/propadlina na zkušebním výlisku [12]

Cílem výzkumu auditových vad je opět zjištění těchto defektů již ve fázi simulací a následná úprava tvaru funkčních částí lisovacího nástroje do takové podoby, aby ke vzniku těchto vad nedošlo.

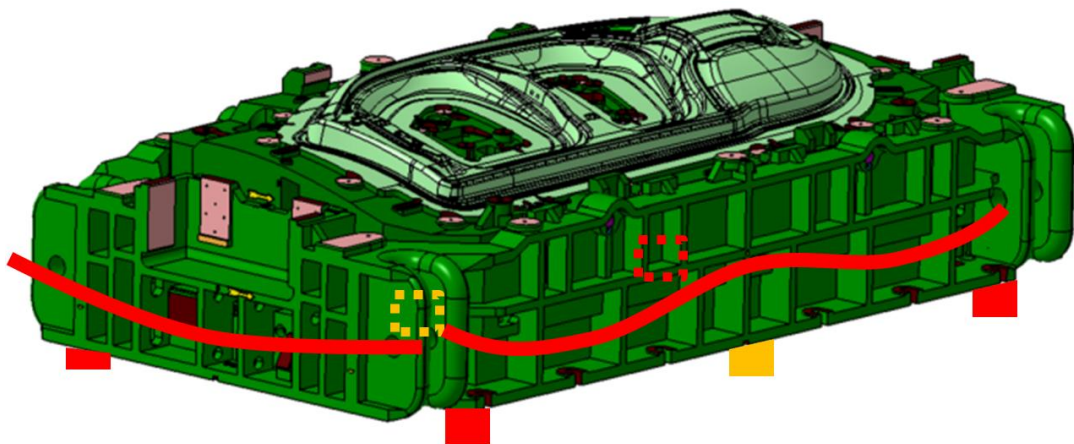
6 Průhyby nástrojů

I v případě průhybů nástrojů je cílem samozřejmě zlepšit proces výroby nástrojů a tím následně i vylisků. Zlepšení v tomto případě spočívá v tom, že po zjištění přesného průhybu každé poloviny lisovacího nástroje v jednotlivých výrobních fázích by bylo možné toto prohnutí předpovídat a na základě toho následně obrábět funkční plochy nástroje se stejným průhybem v opačném směru. Tímto postupem by byl průhyb eliminován a došlo by k velké časové i finanční úspoře zejména ve fázi zapracování a slícování náradí.

6.1.1 Případy průhybu

První případ průhybu může nastat již před montáží kompletního nástroje, a to při **frézování odlitku**, který se pro tuto operaci upíná na pracovní desce frézky na tzv. kostky. V případě menších obrobků se „kostky“ umísťují pouze do rohů odlitku a pro větší odlitky se další „kostky“ vkládají doprostřed delších stran, jak je znázorněno na Obr. 48 (žlutě vyznačená místa). Takové podložení tak masivního odlitku jen na několika místech může způsobit určitý průhyb nástroje a následně tak dojde k nepřesnosti při obrábění, která způsobí nepřesný tvar funkčních ploch.

Po úspěšné definici těchto průhybů by bylo možné připravit obráběcí program se změněnou tvarovou plochou tak, aby došlo k jejímu obrobení na přesný požadovaný tvar i přes průhyb nástroje během procesu.

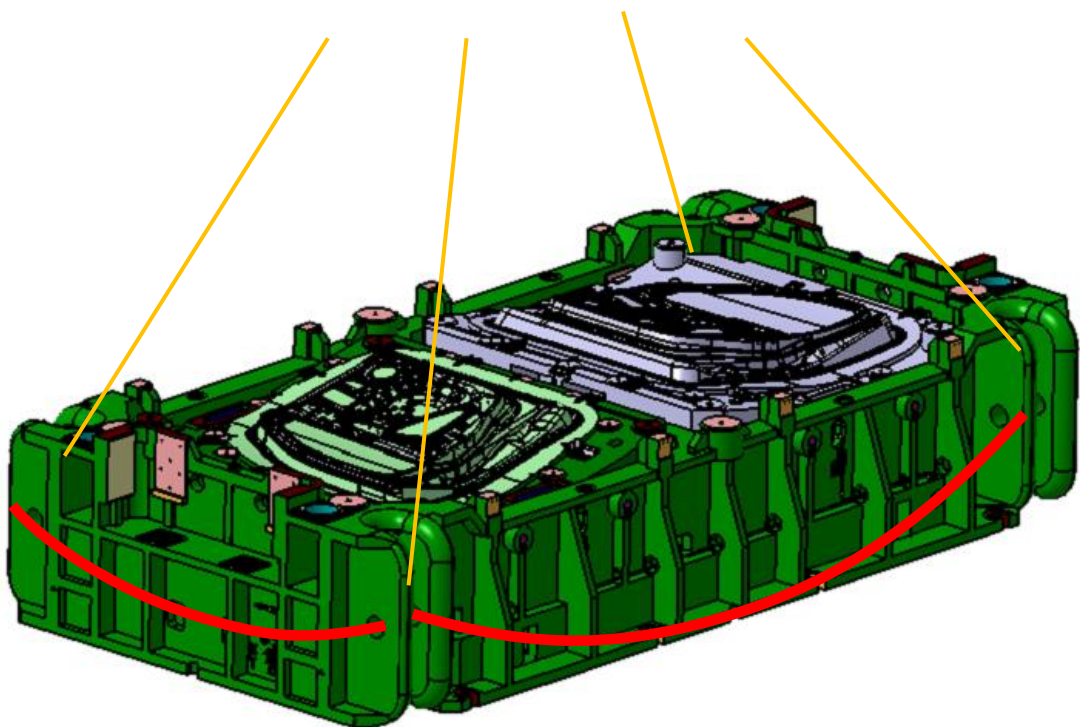


Obr. 48 Předpokládaný průhyb nástroje upnutého na kostkách při frézování

Druhým případem, kdy může dojít k průhybu je v podstatě každá **manipulace** s nástrojem/s polovinou nástroje. Při manipulaci je nástroj zavěšen na jeřábu za „uší“ a k určitému průhybu také dochází. Příklad tohoto průhybu by ale neměl mít vliv na konečný tvar funkčních ploch nástroje, neboť za „uší“ visí nástroj pouze na háčích jeřábu a po uvolnění by mělo dojít k vymizení vzniklých elastických deformací.

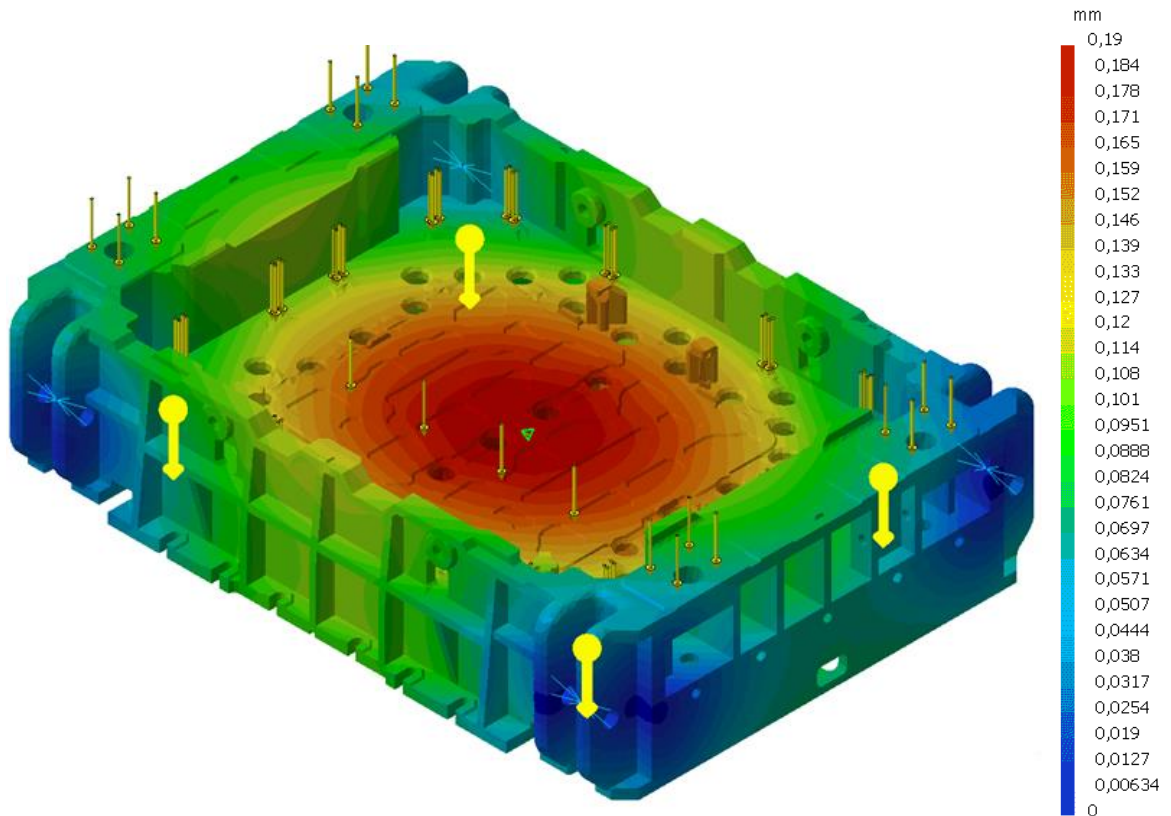
Průhyb nástroje po zavěšení na jeřáb se začal počítat již přibližně před 15 lety a prvotním důvodem bylo odhalení potenciálních úspor materiálu nutného pro výrobu lisovacího nástroje. Dále pak optimalizace rozložení deformace a minimalizace pravděpodobnosti destrukce odlitku. Vycházelo se z předpokladu, že je možné ztenčit výstužná žebra nástroje. Byl tedy proveden výpočet průhybu s původními 50 mm širokými žebry a následně se žebra ztenčovala a zjišťovala se změna průhybu. Tak se dospělo k dnes běžně používaným žebřům šířky 40 mm, která jsou ideálním kompromisem mezi úsporou materiálu (a samozřejmě peněz) a tuhostí nástroje. Zjišťování průhybů samozřejmě probíhalo a probíhá na virtuální hladině za pomoci počítačových softwarů.

Tento případ průhybu je však dnes kontrolně počítán pro každý nástroj a kontroluje se tak jeho výsledná pevnost. Tuto kontrolu je vhodné provádět zejména z důvodu zmíněné manipulace s nástrojem, aby při zavěšení na jeřáb nedošlo k plastickým deformacím nástroje či dokonce jeho rozlomení.



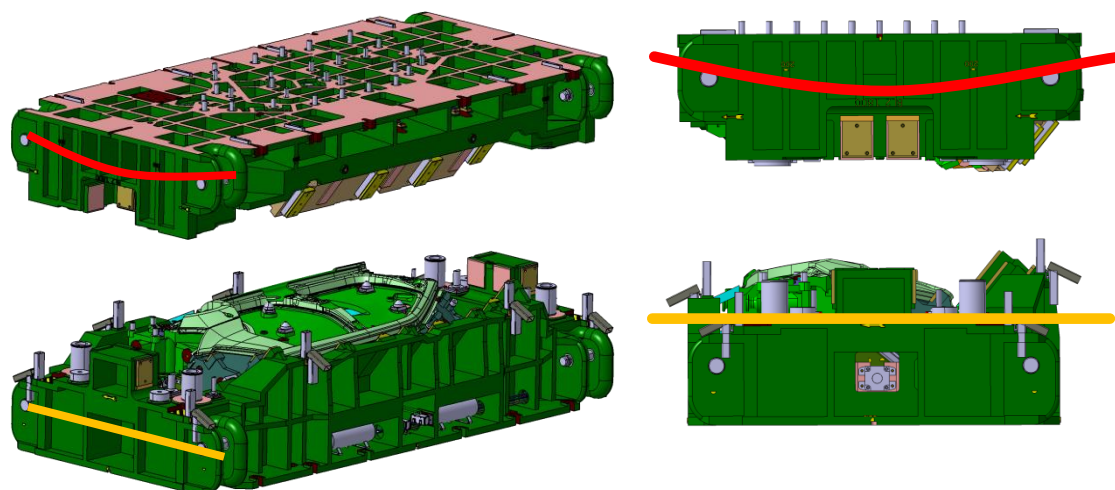
Obr. 49 Průhyb nástroje zavěšeného na jeřábu

V dnešní době je kontrolní výpočet průhybu nástroje zavěšeného na jeřábu prováděn v CATII a na výsledku (viz. Obr. 50) je možné pozorovat místo a rozměr maximálního průhybu rámu nástroje zatíženého veškerými komponenty, které jsou na reálném nástroji. Výpočet probíhá pouze na rámu nástroje kvůli složitosti výpočtu a všechny ostatní komponenty jsou nahrazeny příslušnými tlaky na plochách, na kterých ve skutečnosti působí (viz. Obr. 50).



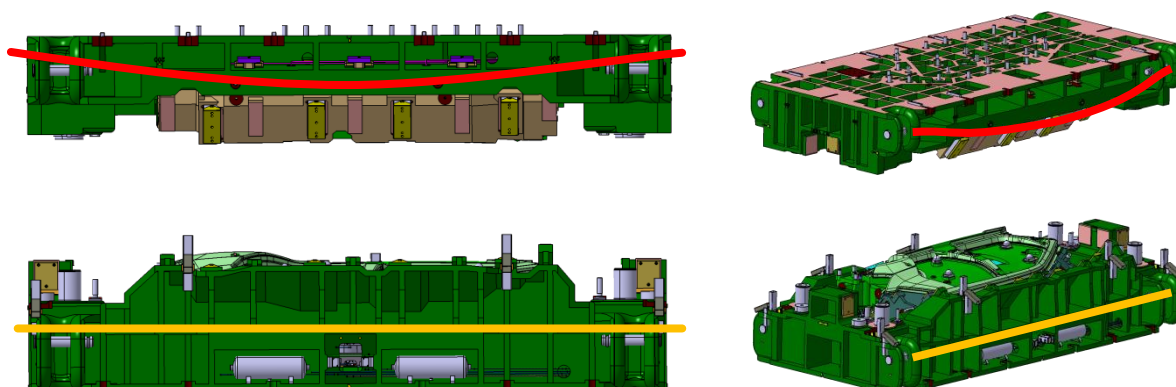
Obr. 50 Průhyb rámu nástroje zatíženého veškerými reálnými tlaky při zavěšení na jeřábu [22]

K dalšímu případu prohnutí nástroje dochází po jeho **upnutí na lise**. V tomto případě ale dochází k průhybu pouze u horní poloviny nástroje. Spodní polovina celá leží na pracovním stole lisu, a tak k jejímu prohnutí nedojde. Horní polovina je ale upevněna na beranu lisu šesti šrouby na každé z delších stran nástroje, což vzbuzuje předpoklad průhybu horní poloviny nástroje, jak je červeně znázorněno na Obr. 51.



Obr. 51 Znáznorněný průhyb nástroje upnutého na lise [23]

To, že k průhybu po upnutí na lis dochází, je zřejmé, ale vzhledem k upevnění se nepředpokládá průhyb ve směru znázorněném na Obr. 52.



Obr. 52 Nepředpokládaný směr průhybu nástroje [23]

Provádět výpočty průhybu pomocí digitálních dat jako je tomu v případě průhybu nástroje zavěšeného na jeřábu, není pro upnutí na lise možné. Je tomu tak zejména kvůli výrobním tolerancím v jednotlivých fázích výroby (přídavky, tolerance obrábění, ...). Výsledná přesnost výpočtu by byla $\pm 0,5$ mm. Tato hodnota ale o ničem nevyovídá, protože průhyb nástroje je mnohem menší.

O pomoc v řešení otázky průhybu byla požádána dokonce i externí firma specializující se na složité matematické výpočty. Avšak zjistit důvod průhybu raznice s rozměry 4,5 x 2,2 m o 0,08 mm bylo moc i pro odborníky v oboru pružnosti a pevnosti.

I v případě průhybů nástrojů je cílem samozřejmě zlepšit proces výroby nástrojů a tím následně i výlisků. Zlepšení v tomto případě spočívá v tom, že po zjištění přesného průhybu horní poloviny lisovacího nástroje po upevnění na lis by bylo možné s tímto prohnutím počítat i u dalších nástrojů a následně pak obrábět funkční plochu spodní poloviny nástroje se stejným průhybem, jaký má horní polovina upnutá na lise, ale v opačném směru. Tímto postupem by byl průhyb eliminován a došlo by k velké časové i finanční úspoře zejména ve fázi zapracování a slícování náradí.

6.1.2 Ekonomický výsledek odstranění průhybů

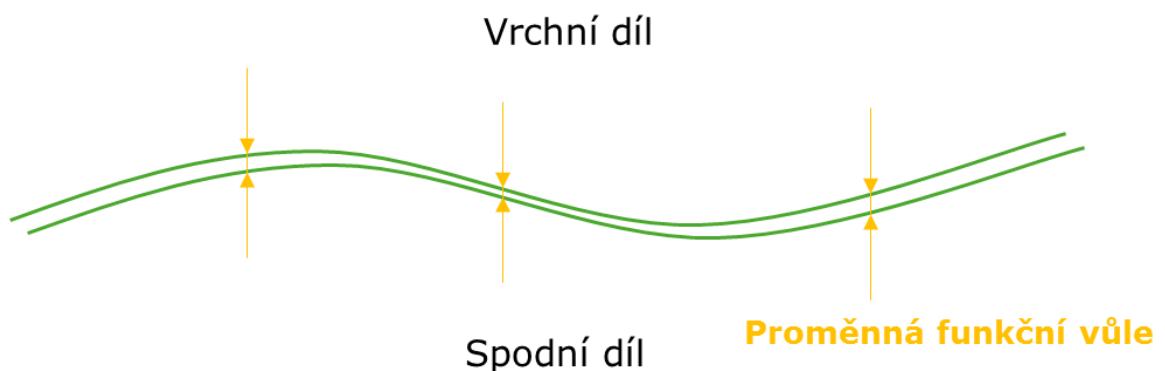
V prvním případě průhybu – **při frézování** – by došlo k poměrně velké úspoře při eliminaci následků průhybů. Kdyby se podařilo odstranit prohnutí nástroje během frézování a došlo by k výrobě funkčních ploch pouze s tolerancí obrábění ($\pm 0,5$ mm), ušetřila by se velká část práce při následném slícování. Přesné číslo však neexistuje a stálo by za zamýšlení ekonomů ve ŠKODA AUTO, kteří mají přístup ke všem potřebným informacím.

Výpočty průhybu během **zavěšení nástroje na jeřábu** už své výhody ukázaly, a to ve formě úspory materiálu způsobené ztenčením výztužných žeber nástroje. Žebra na nástrojích se používají různých šířek, ale je možné uvažovat průměrné hodnoty, které naznačují úsporu materiálu o 20 %, z průměrných 50 mm na 40 mm. Úspora materiálu samozřejmě znamená i úsporu finanční, ale také s sebou přináší snížení hmotnosti celého nástroje a i tento fakt je přínosem, protože hmotnost největších nástrojů se dnes pohybuje už jen mírně pod hodnotou 50 t.

Z finančního hlediska, které je klíčové prakticky pro všechny procesy, se pomocí ztenčení žeber nástrojů podařilo uspořit v průměru 15 % veškerého materiálu na každém nástroji. Nástrojů je průměrně šest na jednu sadu (1 sada = 1 díl, např. vnější kapota). Na každý projekt je potřeba osm sad nástrojů (1 projekt = 1 model, např. Octavia). Tyto projekty (nové či inovované modely) jsou ročně tři. Vychází tedy, že je potřeba ročně vyrobit asi 144 nových nástrojů. Při průměrné hmotnosti 30 t na každý nástroj je potřeba celkem 4320 t materiálu. Cena používaných materiálů se značně liší, ale opět je možné zjednodušit výpočet průměrnou hodnotou, která činí 40 Kč za kilogram materiálu. Dále už je snadné určit 15 % úsporu z celkové sumy 172 800 000 Kč. Úspora vzniklá ztenčením žeber nástrojů tedy vychází průměrně 25 920 000 Kč (947 915 €) každý rok.

Po upnutí horní poloviny nástroje do beranu lisu tedy dojde k jejímu průhybu a tím se nepatrně změní geometrie funkčních ploch nástroje – tvarů. Změněné tvary horní poloviny nástroje však po dosednutí na spodní polovinu vytvoří proměnnou funkční vůli pro lisování plechu (viz. Obr. 53). A protože v takto nepřesném nástroji není možné lisovat kvalitní výlisky, musí docházet k časově náročnému, složitému a drahému ručnímu slícování obou polovin nástroje vůči sobě.

Byl proveden propoččet, který říká, že „pouhou“ eliminací průhybů horní poloviny nástroje upnuté na lise by bylo jen ve slícovacích operacích ročně ušetřeno 7 % práce, což odpovídá 5 742 hodinám za rok. Tento pracovní čas, který by se dal eliminovat, stojí ročně automobilku 8 900 100 Kč (327 307 €). [24]



Obr. 53 Proměnná funkční vůle pro lisování plechu [23]

6.1.3 Prováděný výzkum

V současné době probíhá výzkum průhybů horní poloviny nástroje upnuté na lisu. V rámci tohoto určování průhybu jsou naplánovány tři základní kroky, které by měly přispět k minimalizaci či úplné eliminaci průhybu způsobeného vlastní vahou horní poloviny nástroje upnuté na beranu lisu:

- 1) Elastický průhyb lisovacího nástroje bude naskenován a následně vyhodnocen.
- 2) Po vyhodnocení chování nástrojů po upnutí na lis bude možné stanovit empirické chování nástrojů.
- 3) Po definování chování upnutého nástroje bude možné předem upravit NCM data

[23]

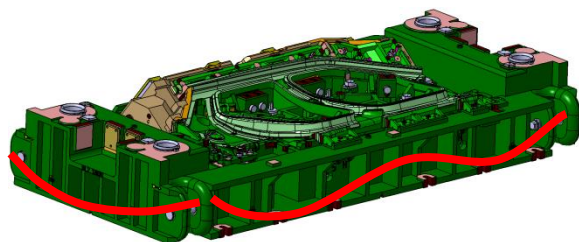
6.1.4 Zhodnocení průhybů nástrojů

Již z ekonomického zhodnocení je zřejmé, že odstranění či minimalizace průhybů nástrojů je téma alespoň vhodné k zamyšlení. Zlepšení, zrychlení a zlevnění celé výroby lisovacího nářadí je určitě výsledkem, kterého chce dosáhnout každá výrobní společnost. Minimalizací průhybů nástrojů je možné právě takových výsledků docílit.

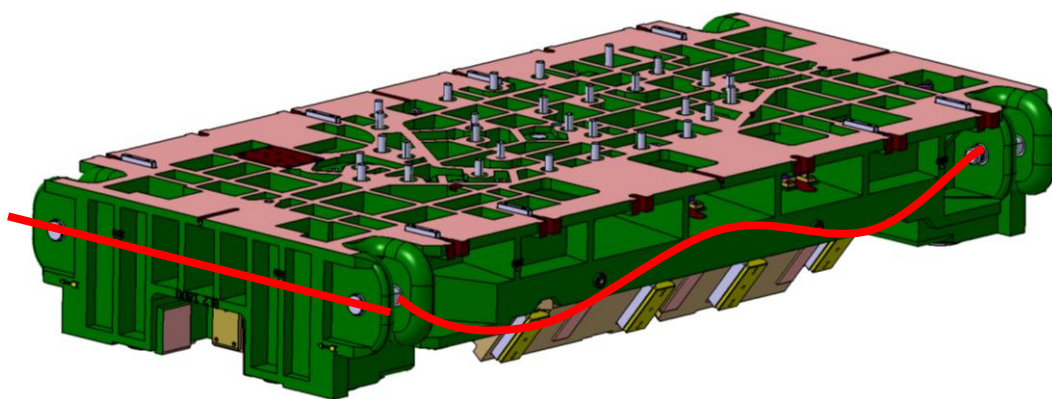
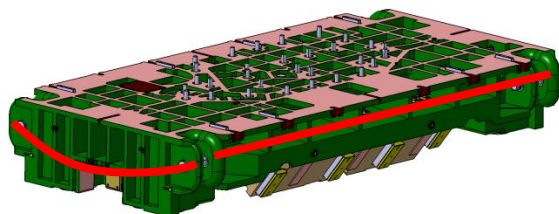
Po uvážení všech typů průhybů se mi jeví jako faktory ovlivňující proces lisování plechu průhyby při frézování a po upnutí na lise. Nejlépe své úvahy zobrazím na následujících obrázcích:

Průhyb horní poloviny nástroje:

Při frézování:



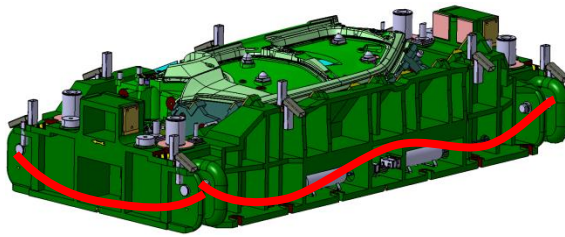
Na lise:



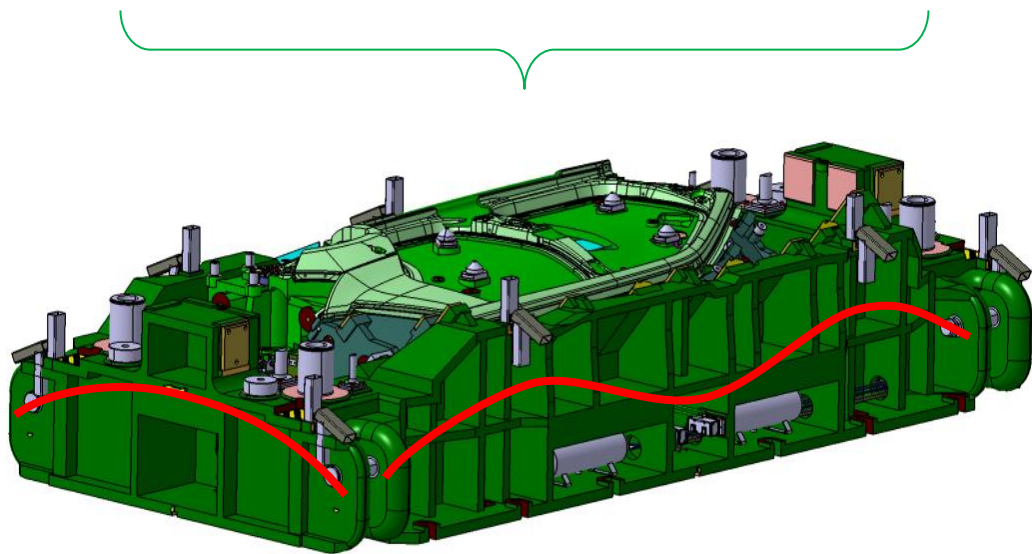
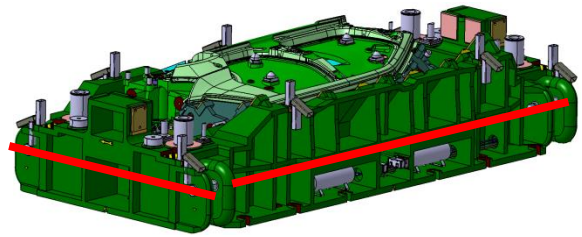
Výsledný průhyb horní poloviny upnuté na lise

Průhyb spodní poloviny nástroje:

Při frézování:



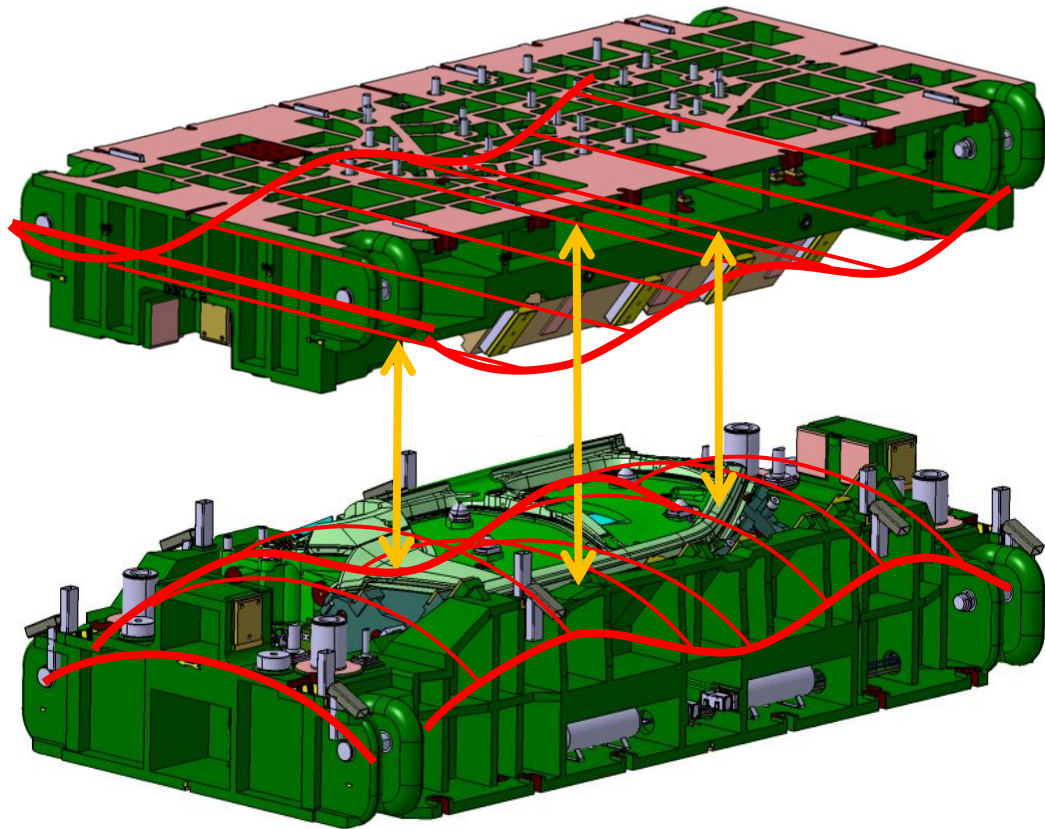
Na lise:



Výsledný průhyb spodní poloviny upnuté na rovné desce lisu

Na obrázcích jsou znázorněny předpokládané průhyby nástrojů při frézování a po upnutí na lis. Výsledný průhyb delší strany horní poloviny a celé spodní poloviny je prohnutý v opačném směru, protože při frézování dojde k vytvoření povrchu o předepsaném tvaru a rozměrech na prohnutém nástroji a po jeho srovnání – upnutí na rovný stůl/beran lisu – dojde k „vyboulení“ tvarů.

Průhyb tvarů kompletního lisovacího nástroje upnutého na lise tak, jak je tomu při reálném lisovacím procesu by mohl vypadat následovně:



Z uvedeného obrázku kompletního nástroje s naznačenými průhyby je zřejmé, že průhyb ovlivňuje tvar funkčních ploch a prodlužuje a komplikuje následné slícování obou polovin nástroje vůči sobě. Navzdory očekávání vycházejícímu z úvahy průhybu pouze na lise, při lícování nástrojů jsou údajně problémy opačné, kdy materiál po krajích přebývá a uprostřed chybí. Je-li toto myšleno ve směru delší strany nástroje, je moje úvaha správná, jak je naznačeno prostřední – nejdelší – žlutou čarou na předchozím obrázku.

Zároveň je málo pravděpodobné, že u horní poloviny dojde k identickému průhybu při frézování jako po upnutí na lise. Znázorněný nulový průhyb horní poloviny na kratší straně nástroje je tedy nepravděpodobný a k určitému průhybu dojde i v tomto směru. Není však možné správně určit při které operaci se nástroj prohne více či jak přesně bude vypadat průhyb kompletní poloviny se všemi komponenty – zatížením. Tento průhyb horní poloviny může ovlivnit výslednou funkční vůli mezi oběma polovinami nástroje. Dokonce může dojít i k opačnému výslednému průhybu, než se předpokládá.

7 Závěry a doporučení

Analýza rizik je určitě stále aktuální téma, i přestože to není téma nikterak nové. Je to dokonce proces, který nikdy neskončí a s vývojem nových technologií bude stále třeba snižovat výrobní náklady a výrobní čas. Jen tak bude možné udržet v průmyslu konkurenceschopnost. Navíc v tak rychle se rozvíjejícím automobilovém průmyslu to platí dvojnásobně.

Analýza rizik je tedy prvním krokem pro zlepšení, zkvalitnění i zlevnění výroby a dává možnost nahlédnout na stávající řešení s nadhledem. Tento ucelený pohled na věc umožňuje uvědomit si souvislosti, které běžně velká většina zaměstnanců přehlíží nebo si je neuvědomuje. Pouze kvalitně provedená každá výrobní operace ale dokáže jako celek zajistit výrobek požadované kvality. Nemusí se přitom jednat pouze o finální produkt, kterým u automobilových výrobců je nové vozidlo, ale právě pro vznik tohoto bezvadného produktu je potřeba kvalitně vyrábět všechny přípravky a nástroje nutné pro výrobu těchto finálních produktů.

Tato práce tedy popisuje všechny kroky pro vznik nového lisovacího nástroje potřebného pro výrobu plechových dílů karoserie. Přestože má ŠKODA AUTO více než 100 letou historii, vyskytují se v procesu výroby lisovacích nástrojů nové a nové problémy. Často tyto problémy souvisí se samotným výliskem, protože je stále složitější získávat výlisky předepsané kvality. Výroba kvalitních odlitků je ztížena zejména:

- Ztenčováním plechů na lisování těchto dílů. Ztenčování plechu probíhá především z důvodu snižování hmotnosti vozu a s tím spojeným snižováním emisí CO₂ a spotřeby paliva.
- Komplikovaným moderním designem vozů. Hrany a ostré linie nejsou pro lisování plechu vhodným tvarem. Často dochází k praskání a trhání plechu.
- Zvyšováním požadavků na kvalitu dílů. Rozměry výlisků mají dnes toleranci pouze v řádu desetin mm. Také povrch výlisků musí být bezvadný, jinak neprojde auditem. Tak přísným kritériím určitě nepodléhaly výlisky např. při výrobě Škody Favorit.

Značně komplikovanou fází výroby lisovacích nástrojů, která má rozhodující dopad na výslednou funkci celého nástroje je fáze zapracování a slícování obou polovin nástroje vůči sobě. S touto fází je spojen i pojem „tušírovací otisk“, který je popsán v kapitole 3.7. Provádění tušírovacích otisků je také komplikovaná záležitost a dokonce tuto metodu nezvládá aplikovat ani množství nástrojů zaměřených taktéž na výrobu lisovacího nářadí.

Zapracování a slícování nástrojů je ale jen jedna fáze, ve které se vyskytují problémy. I ve všech předchozích výrobních fázích se vyskytují určitá rizika, která nabízejí prostor pro určité zlepšení výroby. Jak již ale bylo popsáno v práci, většina výrobních rizik je dnes vyřešena na dostačující úroveň a jejich další zlepšování by bylo neúměrně nákladné. Proto je dnes věnována pozornost převážně výliskům, jejich rozměrům a povrchu. Dále je poměrně neprobádané téma průhybů nástrojů během jejich výroby a následného používání.

Ve své práci jsem provedl analýzu právě pro průhyb nástrojů, protože toto téma se přímo týká výroby lisovacího nářadí. Domnívám se, že i průhyb je téma, které je potřeba vyřešit a minimalizovat tak pracnost slícovacích operací. V neposlední řadě vede také minimalizace průhybů nástrojů k poměrně značné finanční úspoře. Konkrétně pomocí výpočtů průhybů za účelem ztenčit výztužná žebra nástrojů se stanovila nižší tloušťka těchto žebířků, což vedlo k finanční úspoře téměř 26 milionů korun ročně. Eliminací průhybů horních polovin všech nástrojů upevněných na beranu lisu by se došlo k úspoře dalších téměř 9 milionů korun každým rokem. V případě odstranění průhybů i při frézování by výsledkem byla kompletní výroba nástrojů ovlivněna pouze výrobními nepřesnostmi a celková finanční úspora by se mohla pohybovat okolo hranice 40 milionů korun ročně. K tomuto výsledku ale čeká nářaďovnu ŠKODA AUTO ještě poměrně dlouhá cesta.

Podle mého názoru je pro docílení tohoto stavu určitě vhodné dodržet základní tři kroky pro výzkum nastíněné výše (kapitola 6.1.3). Jako první a zajisté nejdůležitější krok v celé záležitosti průhybů je nutné sledovat jednotlivé výrobní fáze jednoho konkrétního nástroje a změřit (naskenovat) jej hlavně po ustavení na „kostky“ před a nejlépe i po frézování. Poté opět naskenovat po kompletní montáži a na závěr samozřejmě po upnutí na lis. Všechno toto měření by mělo proběhnout pro obě poloviny nástroje. Jen tímto způsobem je možné definovat správné a přesné chování nástrojů v jednotlivých

výrobních fázích. Myslím si, že toto nedokáže nikdo u pracovního stolu dostatečně přesně predikovat a pro minimalizaci všech průhybů je nutné aplikovat tyto metody přímo na fyzickém nástroji.

Osobně vidím řešení zejména v minimalizaci průhybu ve fázi frézování na kostkách. Kostky se údajně dávají pod nástroj kvůli zjednodušení procesu, a dále pak protože je to takto ve zvyku. Tento koncept by ale jistě bylo možné opustit, když by výsledkem bylo odstranění průhybů. Bylo by pak možné vyjít z předchozího přesně stanoveného chování nástroje nebo spíše jeho částí, na kostkách a při frézování pak speciálně frézovaný díl podkládat na místech, ve kterých by podložení způsobilo takový průhyb nástroje, aby byl přesným opakem průhybu vzniklého po upnutí do beranu lisu. Konkrétně pro moji úvahu, kdy se nástroj ve směru kratší strany prohne při frézování stejně jako na lise by řešením bylo podložit při frézování obě celé delší strany obrobku a výsledkem po upnutí na lis by byl přesný tvar celé horní poloviny. Tento postup by však byl aplikovatelný pouze pro horní polovinu nástroje. U spodní poloviny by se toto muselo řešit ustavením frézovaného dílu přímo na pracovní stůl frézky, nebo vytvořit skutečně rovinnou desku, která by sloužila jako podložka pro všechny části spodní poloviny nástroje, které je nutné frézovat. Tímto postupem by se i u spodní poloviny dosáhlo na lise přesného tvaru a požadovaných rozměrů. Výsledkem by pak byl kompletní nástroj, který by měl všechny rozměry i po upnutí na lise přesně podle NCM dat. Operace slícování by se pak omezila pouze na hodnoty tolerance frézování.

Druhou možností, jak dosáhnout takového stavu, by mohlo být frézování obou polovin na rovinné desce, čímž by se eliminovaly průhyby spodní poloviny, ale i u horní by byly tvary vyfrézovány přesně, a proto by muselo dojít k jejímu upnutí na beran lisu způsobem, který eliminuje průhyb. Navrhoval bych například použití lícovaných šroubů tvaru L, které se jednou stranou provléknou předpřipraveným otvorem v žeburu nástroje (lícovanou částí budou právě v žeburu) a zajistí maticí a druhá část šroubu bude sloužit k upnutí do beranu lisu stejným způsobem jako je to v současné době pouze na bocích nástroje. Dotažením těchto částí se dosáhne úplného dosednutí nástroje na beran lisu ve všech místech, kde by byly tyto L šrouby použity. I tímto způsobem by se podařilo dosáhnout stavu, kdy nástroj upnutý na lise není ovlivněn žádnými průhyby.

8 Použitá literatura:

- [1] ŠKODA AUTO. *Výroční zprávy 2000 - 2013* [online]. 2001 - 2014 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://cs.skoda-auto.com/company/investors/annual-reports>
- [2] Drive. *Katalog* [online]. 2009 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://drive96.ru/catalog/4547/31147/178515/?pos=2412245>
- [3] CIJ SUNDAY: The Week in Review. *Cars driving Czech industrial output growth* [online]. 2015 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.cijjournal.com/en/encompassme/9492/cars-driving-czech-industrial-output-growth>
- [4] AUTOPORT KÖLN. *REIMPORTE: SKODA OCTAVIA DEUTLICH UNTER DEM NEUWAGENPREIS ERWERBEN* [online]. 2014 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.cijjournal.com/en/encompassme/9492/cars-driving-czech-industrial-output-growth>
- [5] VOLKSWAGEN. *Brands and Product* [online]. 2013 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/content/en/brands_and_products.html
- [6] CokGezenAdam. *Bu Otomobillerin Tek Farkı Logoları* [online]. 2014 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://cokgezenadam.com/bu-otomobillerin-tek-farki-logolari/>
- [7] JOST. Interní dokument ŠKODA AUTO – *Proces vznik výrobku (PEP)*. 2013
- [8] CHALOUPECKÝ, Petr. Interní dokument ŠKODA AUTO – *Konstrukce a výroba karosářského lisovacího náradí*. 2013
- [9] GEBHART, Martin. Interní dokument ŠKODA AUTO – *Model výrobního procesu a systému při výrobě lisovacího náradí v automobilové výrobě*. 2013
- [10] Škoda News: *Webový magazín okřídleného šípů. Škoda Superb III (2015): výkony od 120 do 280 koní, více prostoru a design studie Vision C* [online]. 2014 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.skoda-news.cz/skoda-superb-iii-2015-vykony-od-120-do-280-koni-vice-prostoru-a-design-studie-vision-c/>

-
- [11] STARÝ, Jan. Interní dokument ŠKODA AUTO – VSN – Výroba nářadí a přípravků. 2013
- [12] Interní dokument ŠKODA AUTO – *Výrobitelnost*. 2013
- [13] HULÍN, Radek. *Chování nástrojů při výrobě výlisků v oblastech designových hran: Diplomová práce*. Praha, 2014. Diplomová práce. FS ČVUT v Praze. Vedoucí práce František Tatíček.
- [14] Zaměstnanecký portál ŠKODA AUTO – Týmový web VSN. *Výrobky VSN5*. 2014
- [15] KONÁREK, Michal. Interní dokument ŠKODA AUTO – *Vývoj vozu*. 2015
- [16] Kutil-Florenc. *Unilep LA* [online]. 2013 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <http://kutil-florenc.cz/p/unilep-la/k/lepidla-na-polystyren>
- [17] PICEK, Radek. Interní dokument ŠKODA AUTO – *Vady odlitků*. 2015
- [18] LEVCHENKO, Denys. Interní dokument ŠKODA AUTO – *Materiály pro lisovací nástroje*. 2014
- [19] Meslab. *HIGH SPEED MACHINING* [online]. 2010 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.meslab.org/mes/threads/41522-Tim-hieu-ve-Chip-Thinning-va-gia-cong-toc-do-cao-High-Speed-Machining-HSM.html?s=b294a95edcffc41d25239a89d6c666db>
- [20] HULÍN, Radek. Interní dokument ŠKODA AUTO – *Frézovací nástroje*. 2012
- [21] ĎURMEK, Štefan a MAXA, Štěpán. Interní dokument ŠKODA AUTO. 2012
- [22] ŠOUKAL, Michal. Interní dokument ŠKODA AUTO – *Pevnostní kontrola lisovacích nástrojů při přenášení*. 2006
- [23] VOLF, Marek. Interní dokument ŠKODA AUTO - *Průhyb lisovacího nářadí po upnutí na lis, zjištění funkční vůle*. 2015