

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

HODNOCENÍ STATISTICKÉHO ŘÍZENÍ JAKOSTI (SPC) PRO ŘEŠENÍ STABILITY PROCESŮ U TLAKOVĚ LITÝCH ODLITKŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. OLDŘICH HEJDUK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. JAROSLAV ČECH, CSc.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Oldřich Hejduk

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Slévárenská technologie (2301T014)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Hodnocení statistického řízení jakosti (SPC) pro řešení stability procesů u tlakově litých odlitků

v anglickém jazyce:

Evaluation of statistical quality control (SPC) in solving the stability of processes in die castings

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Stanovení parametrů pro statistické řízení jakosti u tlakově litých odlitků z Al slitin.

Cíle diplomové práce:

Vytipování vhodných parametrů statistického řízení jakosti, které přispějí k řešení stability procesů u tlakově litých odlitků z Al slitin.

Seznam odborné literatury:

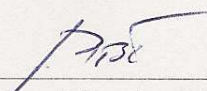
1. ČECH, J., et al. Hodnocení vlivu technologických a metalurgických faktorů na pórovitost tlakově litých odlitků. Slévárnictví. Květen 2010, LVIII, 5-6, s. 159-165. ISSN 0037-6825.
2. BARTES, F. Jakost v podniku. Skripta VUT. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. 89 s. ISBN 978-80-214-3362-5.
3. ROUČKA, J. Metalurgie neželezných slitin. Skripta VUT. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 148 s. ISBN 80-214-2790-6.
4. BAŘINOVÁ, D. Rozbor termofyzikálních parametrů ovlivňujících experimentální měření a simulaci u odlitků pro automobilový průmysl. Disertační práce v oboru „Strojírenská technologie“. Brno: VUT-FSI, Ústav strojírenské technologie. 2006. 185 s.
5. MICHNA, S., aj. Encyklopedie hliníku. Děčín: ALCAN, 2005. 699 s. ISBN 80-89041-88-4.

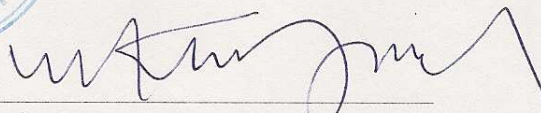
Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Jaroslav Čech, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 8.11.2011




prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Teoretická část práce je formou rešerše věnována přehledu slévárenských hliníkových slitin, s důrazem na Al slitiny určené pro tlakové lití. V této části práce jsou také popsány různé metody řízení jakosti, jejichž praktické využití zmapuje experimentální část. Experimentální část je věnována hodnocení statistického řízení jakosti a stability procesů u tlakově litého odlitku víka řadícího mechanismu. Experimentální část práce obsahuje také možný návrh metody QFD pro tento odlitek.

Klíčová slova

AlSi9Cu3, odlitek, jakost, SPC, QFD, víko řadícího mechanismu, regulační diagram,

ABSTRACT

The aim of the theoretical part of this thesis is to describe the system of the aluminium casting alloys, with focus on the aluminium castings used for die casting. In this part of the thesis the different methods of the quality management are described. The practical application of these methods is described in the experimental part of this thesis, in which we focus on the evaluation of the statistical quality management and the process stability of the die casting parts of the selector mechanism cover. This part of the thesis also contains suggestion for the QFD method for this cast.

Key words

AlSi9Cu3, cast, quality, SPC, QFD, selector mechanism cover, control chart

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HEJDUK, Oldřich. *Hodnocení statistického řízení jakosti (SPC) pro řešení stability procesů u tlakově litých odlitků: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 98s. Vedoucí práce prof. Ing. Jaroslav Čech, CSc..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Hodnocení statistického řízení jakosti (SPC) pro řešení stability procesů u tlakově litých odlitků vypracoval samostatně s použitím odborné literatury, pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce a podkladů poskytnutých slévárnou Kovolit a.s. Zapůjčení diplomové práce je možné se souhlasem Kovolit a.s..

Datum 25.5.2012

.....
Oldřich Hejduk

Poděkování

Děkuji tímto panu prof. Ing. Jaroslavu Čechovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

Děkuji také panu Ing. Přemyslu Šiškoví a Ing. Michalovi Vlčkovi z oddělení řízení kvality slévárny Kovolit a.s. za ochotnou spolupráci a poskytnuté materiály k vypracování experimentální části práce.

OBSAH

Abstrakt.....	1
Prohlášení.....	2
Poděkování.....	3
Obsah	4
Úvod	6
Teoretická část.....	7
1. Hliník.....	7
2. Slitiny hliníku	8
2.1 Rozdělení slévarenských slitin hliníku.....	9
2.1.1 Slitiny Al - Cu	9
2.1.2 Slitiny Al – Mg	10
2.1.3 Slitiny Al-Si.....	11
2.2 Značení slitin hliníku	15
2.3 Slitina AlSi9Cu3	17
3. Odlévání slitin hliníku	18
3.1 Tlakové lití.....	19
3.1.1 Tlakové licí stroje	20
3.1.1.1 Tlakový licí stroj se studenou komorou.....	21
3.1.1.2 Tlakové licí stroje s teplou komorou.....	22
4. Jakost	24
4.1 Řízení jakosti	24
4.1.1 Sedm nástrojů řízení jakosti.....	25
4.1.2 Metoda FMEA (Failure mode and Effects Analysis)	28
4.1.3 Statistická regulace procesu (SPC)	32
4.1.3.1 Statistická regulace měření.....	33
4.1.4 Metoda QFD (Quality Function Deployment)	37
4.1.4.1 Diagram QFD („dům jakosti“).....	39
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	42
5. Popis slévárny Kovolit.....	42
5.1 Popis odlitku	43
5.2 Tavení a odlévání	44
6. Vývojový diagram sériové výroby odlitku 120 3710	45
7. Defekty odlitků litých pod tlakem.....	54
7.1 Nejčastější vady dílu 120 3710	54
7.2 Zkoušky prováděné pro odlitek 120 3710	55
8. FMEA procesu výroby odlitku 120 3710	55
9. Statistické vyhodnocení SC znaků pro odlitek víka řadícího mechanismu 120 3710.....	63
9.1 Úvod	63
9.2 Regulační diagramy	66
9.3 Statistické vyhodnocení kontroly rozměru vnitřního průměru levé díry ...	67
9.4 Statistické vyhodnocení kontroly rozměru vnitřního průměru pravé díry	69
9.5 Statistické vyhodnocení kontroly polohy levé díry.....	71
9.6 Statistické vyhodnocení kontroly polohy pravé díry	73

9.7 Statistické vyhodnocení kontroly rozměru vnitřního průměru přední díry	75
9.8 Statistické vyhodnocení kontroly rozměru vnitřního průměru díry vršku páky.....	77
9.9 Statistické vyhodnocení kontroly délkového rozměru osa vnitřní díry páky – spodní hrana odlitku	79
9.10 Statistické vyhodnocení kontroly umístění soustřednosti a souososti střední díry odlitku	81
9.11 Statistické vyhodnocení kontroly rozměru vzdálenosti.....	83
os střední díry odlitku – vnitřní díra vršku páky.....	83
9.12 Statistické vyhodnocení rozměrové kontroly vnitřního průměru střední díry odlitku	85
9.13 Statistické vyhodnocení kontroly umístění polohy malé zadní díry	87
9.14 Zhodnocení kapitoly 9.....	89
10. Praktická realizace metody QFD.....	89
10.1 Požadavky zákazníka a vlastnosti výrobku.....	90
10.2 Sestavení diagramu QFD (domu jakosti)	93
10.3 Zhodnocení domu jakosti.....	95
Závěr.....	96
Použitá literatura	98

ÚVOD

Základním předpokladem pro úspěšnou realizaci výrobků na evropském, případně světovém trhu, je podstatné zvýšení jejich jakosti. Je třeba zdůraznit celosvětově přijatý základní imperativ mezinárodního trhu, ve kterém je kvalita výrobku dominantním kritériem úspěšnosti, jenž svým významem předstihuje v dané třídě výrobků i cenu. Je možno konstatovat, že v současné době jakost výrobku je nejvýznamnějším činitelem ovlivňující zisk a postavení firmy na světovém trhu. [7]

Dnes v podstatě můžeme říci, že hlavní hybnou silou produkce hliníku v příštích letech bude i nadále automobilový a letecký průmysl. U obou, kromě bezpečnosti, je základní požadavek snížení spotřeby paliva, čehož se dá docílit především snížením hmotnosti konstrukce, přičemž hliníkové slitiny jsou v popředí zájmu výrobců. Snížením spotřeby paliva dochází k snižování množství emisí, a tím se zlepšuje životní prostředí. Jinak řečeno, je tu vyvíjen tlak na aplikaci hliníku jak z důvodů ekonomických, tak i z důvodů ekologických. [2]

Aby se dobře uplatnili v současném ekonomickém klimatu, musí výrobci odlitků zasvětit svoji práci neustálému zlepšování, stále hledat účinnější způsoby výroby výrobků a služeb. Ke splnění tohoto cíle se všichni v organizaci musí soustředit na zlepšování a používání účinnějších statistických metod. Tato diplomová práce popisuje některé základní statistické metody, které lze použít, chceme-li zefektivnit úsilí o zlepšení.

Experimentální část práce se zabývá hodnocením statistického řízení jakosti tlakově litého odlitku ze slitiny $AlSi9Cu3$ vyrobeného ve slévárně Kovolit a.s. Jedná se o odlitek pro automobilový průmysl, konkrétně odlitek víka řadícího mechanismu, takzvaný Schaltdeckel. Pro statistické vyhodnocení bylo vybráno 79 kusů odlitků víka řadícího mechanismu, u kterých byla na 3D souřadnicovém měřicím stroji Mitutoyo provedena zkouška vybraných, od zákazníka určených rozměrů. Pro vyhodnocení byly sestaveny regulační diagramy, pomocí kterých bylo následně rozhodnuto o stabilitě procesu.

Práce obsahuje také možný návrh, zavedení metody řízení jakosti QFD do procesu výroby daného odlitku. Tato metoda se v současné době ve slévárně Kovolit a.s. nepoužívá.

TEORETICKÁ ČÁST

1. HLINÍK

Hliník je velmi lehký kov (měrná hmotnost 2700kg/m^3) bělavě šedé barvy, velmi dobrý vodič elektrického proudu, široce používaný v elektrotechnice a ve formě slitin v automobilovém a leteckém průmyslu a mnoha dalších aplikacích. Byl objeven roku 1825 dánským fyzikem Hansem Christianem Oerstedem. Díky velké reaktivitě hliníku se v přírodě setkáváme prakticky pouze s jeho sloučeninami. Hliník je třetím nejvíce zastoupeným prvkem v zemské kůře. Podle posledních dostupných údajů tvoří hliník 7,5–8,3 % zemské kůry. V mořské vodě je jeho koncentrace velmi nízká, pouze 0,01 mg Al/l a ve vesmíru připadá na jeden atom hliníku přibližně půl milionu atomů vodíku. [1]

Hliník se nachází v přírodě přibližně v 250 různých minerálech. Nejvýznamnější ekonomicky využitelnou rudou pro výrobu hliníku je bauxit. V závislosti na bohatosti se jedna tuna hliníku získává ze čtyř až šesti tun bauxitu. V současnosti se světová výrobní kapacita z bauxitů odhaduje na 130 milionů tun za rok. Z tohoto množství se 123 milionů tun použije na výrobu Al_2O_3 metalurgické jakosti a 7 milionů tun pro speciální účely. Produkce sekundárního hliníku získaného recyklací je také významná. Již v roce 1999 bylo vyprodukováno přibližně 7 milionů tun sekundárního hliníku recyklací druhotných surovin (odpadu). Význam produkce sekundárního hliníku se rok co rok zvyšuje. [2]

chemická značka	Al
atomové číslo	13
relativní atomová hmotnost	26,981539
krystalická mřížka	fcc
teplota tání [$^{\circ}\text{C}$]	660,37
teplota varu [$^{\circ}\text{C}$]	2519
hustota [g cm^{-3}]	2,702
skupenské teplo tání [kJ mol^{-1}]	293
tepelná vodivost [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]	237
elektrická vodivost [S m^{-1}]	$37,7 \cdot 10^6$
modul pružnosti ve smyku [GPa]	26
modul pružnosti v tahu [GPa]	70

Tab. 1: Vybrané fyzikální vlastnosti hliníku [6]

2. SLITINY HLINÍKU

Základním rozdělením slitin hliníku je rozdělení na slitiny vhodné k tváření a slitiny na odlitky. Dále bude zmiňováno o slitinách hliníku na odlitky. Vlastnosti čistého hliníku jsou pro konstrukční účely nevyhovující. Proto se pro výrobu odlitků zásadně používají slitiny hliníku. Přísadové prvky zvyšují mechanické a zlepšují technologické vlastnosti. Výsledné vlastnosti slitin jsou dány množstvím a vzájemnou kombinací přísadových prvků. [3]

Slévárenské slitiny hliníku mají vůči slévárenským slitinám z jiných kovů řadu výhod, které lze formulovat následovně:

- dobrá slévatelnost, která se výrazně zlepšuje se zvyšujícím se podílem příslušného eutektika podle chemického složení,
- nízká teplota tavení,
- malý interval krystalizace,
- obsah vodíku v odlitku, který je jediným rozpustným plynem v hliníku, lze minimalizovat vhodnými technologickými podmínkami,
- dobrá chemická stabilita (odolnost vůči korozi),
- dobré povrchové vlastnosti odlitku,
- u většiny slitin je nízká náchylnost k tvorbě trhlin za tepla. [2]

Volba vhodné slitiny pro vyhotovení odlitku požadovaného tvaru a rozměru je ovlivňována těmito pěti hlavními faktory.

1. Slévárenské vlastnosti: slévatelnost, odolnost vůči vzniku trhlin za tepla, malý interval krystalizace, dobré vlastnosti pro tlakové lití. Je nutno uvést, že slévatelnost je především ovlivněna teplotním intervalem krystalizace, viskozitou a povrchovým napětím taveniny. Odolnost vůči vzniku trhlin za tepla je všeobecně tím nižší, čím má slitina větší interval krystalizace a nižší pevnostní vlastnosti za vyšších teplot.

2. **Požadované mechanické vlastnosti:** pevnostní a plastické vlastnosti, tvrdost, možnost zvýšení pevnostních vlastností tepelným zpracováním.

3. **Chemické vlastnosti:** odolnost vůči korozi, možnost povrchové úpravy – eloxování. U hliníkových slitin je odolnost vůči korozi výrazně zhoršována přítomností Cu.

4. **Vlastnosti hotových výrobků:** nepropustnost kapalin v odlitku působením tlaku, rozměrová a teplotní stabilita.

5. **Ekonomické faktory:** náklady na mechanické obrábění, tavení a lití, tepelné zpracování, svařitelnost. [2]

2.1 Rozdělení slévarenských slitin hliníku

Podle hlavního přísadového prvku se slitiny hliníku na odlitky dělí do tří základních skupin.

- Slitiny Al - Cu (Duralaluminium)
- Slitiny Al - Mg (Hydronalium)
- Slitiny Al - Si (Siluminy)

2.1.1 Slitiny Al - Cu

Slévarenské slitiny obsahují obvykle 4-5% Cu. Rozpustnost mědi v hliníku při eutektické teplotě je maximálně 5,7% a při ochlazování se snižuje, to umožňuje provádět vytvrzování. Vytvrzování se provádí za tepla i za studena. Slitiny s obsahem mědi, přesahující maximální rozpustnost v Al nemají technický význam.

Slitiny Al-Cu patří k tzv. vysokopevným slitinám hliníku. Vyznačují se vysokou pevností až nad 400 MPa. Tažnost a lomová houževnatost jsou až dvojnásobné oproti slitinám Al-Si. Odlitky z těchto slitin jsou vhodné pro použití za zvýšených teplot.

Slévárenské vlastnosti slitin Al-Cu jsou velmi špatné. V důsledku širokého intervalu tuhnutí jsou slitiny obtížně nálitkovatelné. Slévárenské vlastnosti se zlepšují přísadou křemíku, ovšem za cenu podstatného snížení pevnostních vlastností. Z důvodu špatných slévárenských vlastností se použití těchto slitin omezuje a stále častěji se nahrazují slévárensky příznivějšími slitinami typu Al-Si. Využití na odlitky s vysokými nároky na pevnost (převodové skříně), pro práci za vyšších teplot (hlavy válců, turbíny apod.) [3]

2.1.2 Slitiny Al – Mg

Podle obsahu hořčíku se slévárenské slitiny Al-Mg dělí na typy se 3, 5 a 9% Mg. Čím vyšší je obsah hořčíku, tím širší je dvoufázové pásmo tuhnutí a tím horší jsou slévárenské vlastnosti. Slévárenské vlastnosti, zabíravost, sklon ke vzniku rozptýlených staženin, trhlin, možnost nálitkování, se však u slitin Al-Mg všeobecně hodnotí jako špatné. Určitého zlepšení slévárenských vlastností je možno dosáhnout přísadou malého množství Si. Křemík ale snižuje tažnost a z tohoto hlediska se doporučuje udržovat jeho obsah co nejnižší.

Slitiny mají velký sklon k naplynění. V důsledku vzniku plynových bublin a přítomnosti rozptýlených staženin lze jen obtížně dosáhnout nepropustnosti odlitků. Sklon k naplynění se snižuje malou přísadou berylia (10-30ppm). S rostoucím obsahem hořčíku se zvyšuje tvorba oxidů MgO. Ty, na rozdíl od Al_2O_3 u siluminů nechrání hladinu před další oxidací.

Slitiny Al-Mg se obvykle odlévají gravitačně do pískových forem nebo do kovových forem. Při lití do pískových forem dochází k reakci kovu s formou. Proto se doporučuje přidávat do formovací směsi kyselinu boritou. Slitina s 9% Mg má v důsledku mimořádně širokého pásma tuhnutí velmi špatné slévárenské vlastnosti a používá se pouze pro tlakové lití.

Mechanické vlastnosti slitin Al-Mg jsou poměrně špatné. Pevnosti s obsahem hořčíku rostou, zůstávají však pod pevnostmi běžných siluminů. Tažnosti jsou poněkud vyšší (při odlévání do písku $A > 3\%$, do kovových forem $> 5\%$). Příznivou vlastností tohoto typu slitin je vynikající obrobiteľnosť a leštitelnosť.

Slitiny Al-Mg se používají v případech, kdy se vyžaduje vysoká odolnost proti korozi, zvláště proti mírně alkalickému prostředí a mořské vodě, např. při stavbě lodí, potravinářství apod. [3]

2.1.3 Slitiny Al-Si

Slitiny Al-Si, běžně nazývané jako siluminy jsou nejdůležitějším typem slévárenských slitin hliníku a představují drtivou většinu produkce hliníkových odlitků. Podle složení lze siluminy rozdělit na:

- binární slitiny Al-Si
- vícesložkové slitiny Al-Si

Binární slitiny Al-Si

Binární slitiny Al-Si se obvykle používají jako podeutektické až eutektické. Kromě základních prvků hliníku a křemíku obsahují řádově v desetinách procenta železo a mangan. Obsah ostatních doprovodných prvků je omezen na velmi nízké hodnoty, převážně pod 0,1%. Při vysokých nárocích na korozivzdornost, zvláště při použití odlitků v potravinářství, se obsah mědi limituje pod 0,05%.

Binární siluminy mají dobré slévárenské vlastnosti, odlitky mají dobrou těsnost vůči plynům i kapalinám, dobrou svařitelnost a odolnost proti korozi. Obrobitelnost je pouze střední. Čím vyšší je obsah křemíku, tím lepší jsou slévárenské vlastnosti. Normalizované slitiny obsahují obvykle 10-13% Si. Tyto slitiny se používají pro odlévání do pískových forem nebo kovových forem i pro tlakové lití. [3]

Vícesložkové slitiny Al-Si

Slévárenské slitiny hliníku jsou přednostně vícesložkové, tyto slitiny jsou nejvíce používaným typem slitin hliníku. Největší vliv na zlepšení pevnostních charakteristik siluminu mají přísady hořčíku a mědi, které umožňují takto vznikající speciální siluminy Al-Si-Mg a Al-Si-Cu vytvrzovat. Slitiny lze pak dlouhodobě mechanicky zatěžovat za teplot do 250 až 275 °C. Slévárenské vlastnosti těchto siluminů jsou však horší než u siluminů binárních Al-Si, to se řeší přísadami dalších prvků jako jsou Mn, Ti, Zn a Ni. [5]

Struktura siluminů

Křemík má v hliníku jen velmi omezenou rozpustnost. Při eutektické teplotě je rozpustnost pouze 1,65% Si a při poklesu teploty se dále snižuje. Ve slévárenských slitinách je obsah křemíku vždy vyšší, než je maximální rozpustnost v tuhém roztoku $\alpha(\text{Al})$, proto vždy obsahují eutektikum $\alpha(\text{Al})$ -Si. Eutektická koncentrace křemíku je 12,5% Si, eutektická teplota je 577 °C. [3]

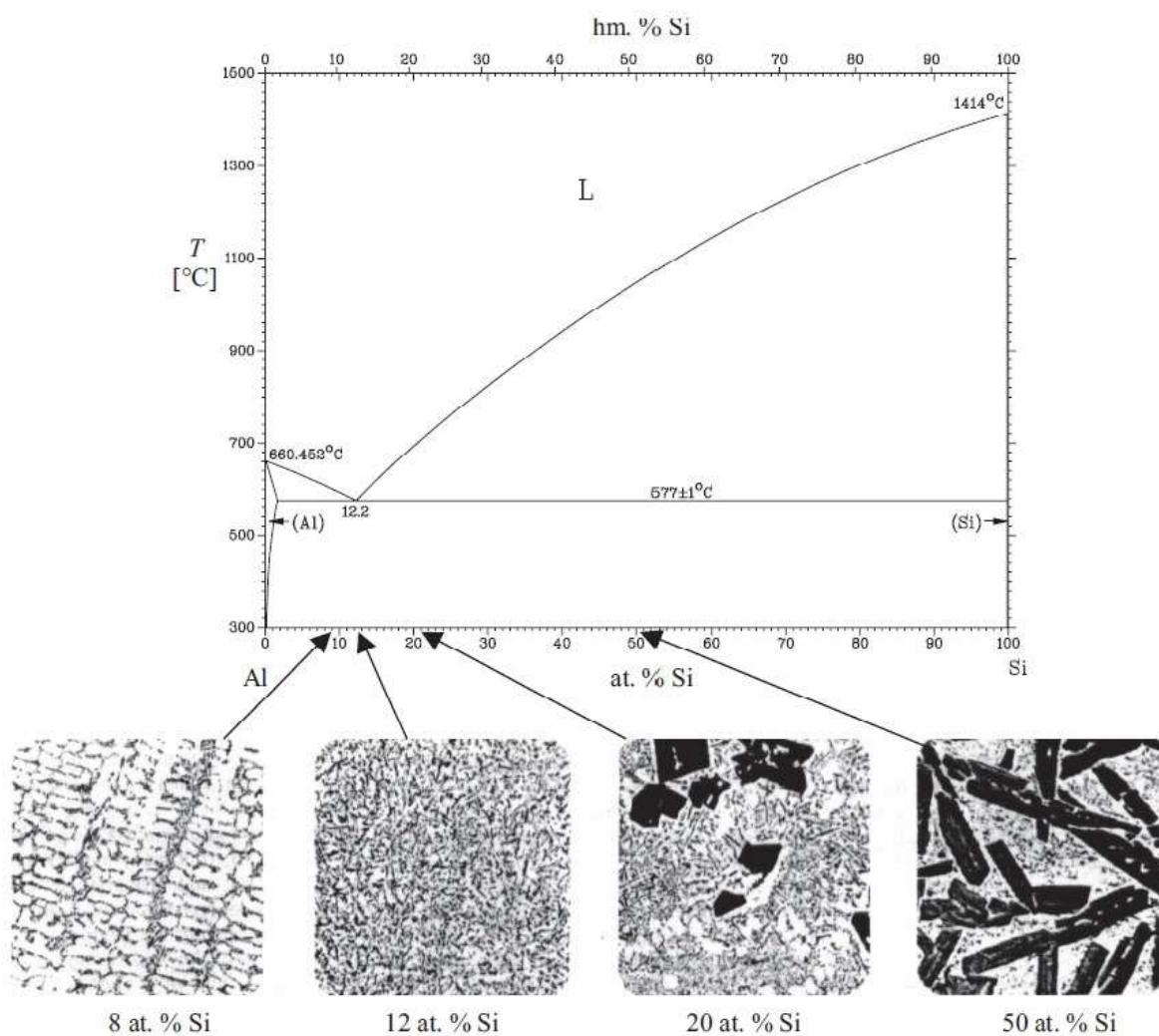
Podle obsahu křemíku se siluminy dělí na:

- Podeutektické
- Eutektické
- Nadeutektické

Struktura podeutektických silumů je tvořena sítí primárních dendritů fáze $\alpha(\text{Al})$ a eutektikem, které se vylučuje v mezidendritických prostorech. S rostoucím obsahem křemíku se zvyšuje obsah eutektika. Podeutektické siluminy obsahují vždy více než 5% Si, nejčastěji mezi 7 a 11% Si.

Eutektické slitiny obsahují přibližně 11,5-13% Si. Jejich struktura je tvořena pouze eutektikem, někdy (zejména u modifikovaných slitin) se však vyskytují i jednotlivé krystaly fáze $\alpha(\text{Al})$.

Nadeutektické siluminy obsahují částice primárního křemíku, uložené v eutektické matici. Obvyklý obsah křemíku v nadeutektických siluminech je kolem 14-17% Si, výjimečně až asi do 25%. [3]



Obr. 1: Fázový diagram systému Al – křemík a charakteristiky mikrostruktur slitin Al-Si s různým obsahem křemíku.[2]

Křemík se v eutektiku vylučuje ve třech různých morfologických podobách, podle tvaru částic křemíku se nazývá i typ eutektika, které může být:

- zrnité
- lamelární
- modifikované

Průběh tvorby eutektika v siluminech má anomální charakter. Jeho důsledkem je značný podíl hrubých a křehkých krystalů křemíku. Pevnost a současně i tvárnost siluminů lze zvýšit zjemněním krystalů křemíku v eutektiku. Toho lze dosáhnout dvěma způsoby:

- podchlazením taveniny zvýšenou rychlostí ochlazování a následně pak vyšší rychlostí eutektické přeměny s tvorbou normálního eutektika
- modifikací malým množstvím alkalických kovů (sodíku, lithia, stroncia) [5]

Slitiny Al-Si pro odlévání pod tlakem

Slitiny pro odlévání pod tlakem jsou uspořádány a řazeny do následujících skupin s obecně charakteristickými vlastnostmi pro účely odlitku.

1. Slitiny typu Al-Si-Cu. Jedná se o nejvíce aplikované slitiny pro tlakové lití. Označovány jsou jako slitiny „pro všechny účely“. Mají velmi dobrou slévatelnost a dobré mechanické vlastnosti, ale mají malou odolnost vůči korozi. V amerických normách je typickým představitelem slitina AA 380.0, ta odpovídá slitině AlSi8Cu2Mn (7.5 – 9.5 % Si, 2.0 – 3.0 % Cu, 0.3 – 0.5 % Mn). Dalším významným představitelem, je například slitina AlSi9Cu3 , o které bude pojednáno níže. [2]

2. Slitiny typu Al-Si-Mg. O těchto slitinách lze také říci, že jsou univerzální. Vyznačují se dobrou slévatelností a odolností vůči korozi. Na druhou stranu mají zhoršenou mechanickou obrobiteľnost a jejich mechanické vlastnosti jsou nižší než u slitiny AA380.0 V amerických normách typická slitina AA 360.0, která odpovídá slitině AlSi10MgMn (9.0 – 10.5 % Si, 0.25 – 0.45 % Mg). [2]

3. Slitiny typu Al-Si-Cu-Mg. Jedná se o slitiny s vynikající otěruvzdorností, malou teplotní roztažností, vysokou tepelnou vodivostí, dobrými mechanickými vlastnostmi za zvýšených teplot a velmi dobrou slévatelností. Oproti těmto uvedeným kladným vlastnostem však mají nízkou odolnost vůči korozi, nízké plastické vlastnosti a špatnou mechanickou obrobiteľnost.

Používají se hlavně jako náhrada za odlitky z litiny a pro odlitky, u kterých se žádá vysoká otěruvzdornost. Za představitele je pokládána slitina AA 390.0 (16.0 – 18.0 % Si, 4.0 – 5.0 % Cu, 0.45 – 0.65 % Mg), která přibližně odpovídá slitině AlSi20Cu2NiMgMn. [2]

4. Slitiny typu Al-Si. Mají vynikající slévateľnost, velmi dobrou odolnost vůči korozi, ale špatnou mechanickou obrobiteľnost. Jsou velice vhodné pro odlitky větších rozměrů a tenkostěnné odlitky. Představitelem může být slitina AlSi5Cu1Mg (4.5 – 5.5 % Si, 1.0 – 1.5 % Cu, 0.35 – 0.65 % Mg) [2]

2.2 Značení slitin hliníku

Slévářenské slitiny hliníku jsou v České republice od roku 2000 normovány podle evropské normy ČSN EN 1706, která nahradila dřívější normu. V českých slévárnách se velmi často používá značení podle původní německé normy DIN 1725. Méně často se v ČR používá značení podle amerických norem ASTM nebo jiných systémů norem. Podle ČSN EN 1706 se slitiny značí buď číselně, nebo chemickými značkami. [3]

Číselné značení slitin

Číselně se slitina označuje písmeny EN AC a pětímístným číslem, ve tvaru:

EN AC-XXXXX

1. číslice charakterizuje hlavní přísadový prvek
2. číslice udává skupinu slitin a prakticky se využívá pouze u slitin Al-Si
3. číslice je pořadové číslo ve skupině
4. a 5. číslice jsou 0.

Označení pro slitinu AlSi9Cu3 podle ČSN EN 1706 je tedy: EN AC-46000

Označení slitin chemickými značkami

Za úvodním EN AC-Al se uvádí další přísadové prvky a to v pořadí od hlavního přísadového prvku k vedlejším prvkům. Ty jsou seřazeny podle obsahu v sestupném pořadí. Při množství legury nad 1% se procentuelní množství udává číslem za značkou příslušného prvku. Při obsahu prvku pod 1% se číslo za značku nepíše. [3]

Skupina slitin	Označení slitiny	
	Číselné	Chemickými značkami
AlCu	EN AC-21xxx	EN AC-Al Cu4
AlSiMgTi	EN AC-41000	EN AC-Al Si2MgTi
AlSi7Mg	EN AC-42xxx	EN AC-Al Si7Mg 0,3(0,6)
AlSi	EN AC-44xxx	EN AC-Al Si12(11)
AlSi5Cu	EN AC-45xxx	EN AC-Al Si6(5)Cu4(3,1)
AlSi9Cu	EN AC-46xxx	EN AC-Al Si9(7,11)Cu3(2,1)
AlSi(Cu)	EN AC-47xxx	EN AC-Al Si12Cu
AlSiCuNiMg	EN AC-48000	EN AC-Al Si12CuNiMg
AlMg	EN AC-51xxx	EN AC-Al Mg3(5,9)
AlZnMg	EN AC-71000	EN AC-Al Zn5Mg

Tab. 2: Způsob značení slitin hliníku dle ČSN EN 1706 [3]

2.3 Slitina AlSi9Cu3

Slitina pro výrobu odlitku víka řadícího mechanismu, vyráběného ve slévárně Kovolit Modřice a.s, který bude použit v experimentální části této práce je slitina AlSi9Cu3.

Tato slitina patří k nejčastěji používaným slitinám hliníku. Má střední mechanické vlastnosti, dobrou pevnost za vyšších teplot do 200 °C a je po odlití dobře obrobitelná. Vyznačuje se nízkou odolností proti korozi. Slitina má dobrou zabíhavost, dobrou odolnost proti trhlinám za tepla a malý sklon ke vzniku soustředěných staženin. U odlitků litých do kovových forem dochází k samovolnému vytvrzování za studena. Tento trend se zvětšuje s rostoucím obsahem Mg. Slitina má dobrou obrobitelnost po odlití a pro tlakově lité odlitky má dobrou svařitelnost. U gravitačního lití je schopnost vzniku svaru podstatně zhoršena. [14]

Slitina	Chemické složení							
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn
AlSi9Cu3	8-11	1,3	2-4	0,55	0,05 - 0,55	0,15	0,55	1,2

Tab. 3: Chemické složení slitiny AlSi9Cu3 (Fe) [3]

Tvrдость tohoto siluminu je dle normy 80 HB a maximální pevnost se pohybuje okolo hodnoty 250 MPa. Aby bylo možné vůbec takové hodnoty dosáhnout, je nutno zajistit vysokou rychlost ochlazování, která zapříčiní dosažení jemnozrnné struktury, jenž jednoznačně zlepšuje veškeré mechanické vlastnosti a také strukturní vlastnosti. Tlakově lité odlitky mají všeobecně příznivé podmínky pro vznik jemnozrnné struktury, jelikož kovová forma protkaná chladícími kanály výborně odvádí teplo z odlitku. K vysokým pevnostem také přispívá působení tlaku na tuhnoucí odlitek, které má za následek zhutnění struktury. [14]

AlSi9Cu3	Pevnost v tahu R_m [MPa]	Smluvní mez kluzu R_{p0,2} [MPa]	Tažnost A₅₀ [%]	Tvrdost HB
	min. 240	min. 140	<1	min. 80

Tab. 4: Vybrané mechanické vlastnosti slitiny AlSi9Cu3 [3]

V průmyslu nachází uplatnění ve výrobě odlévaných součástí do automobilů. Ze speciálních siluminu se odlévají tvarově složité a tenkostěnné odlitky všeho druhu. Jde například o skříně spalovacích motorů, převodovek, písty a hlavy válců, řemenice a součásti pro letadla. [3]

3. Odlévání slitin hliníku

Pro výrobu odlitků z hliníkových slitin se používají téměř všechny známé slévárenské metody. Vzhledem k poměrně nízké tavící teplotě není žáruvzdornost formovacích hmot velkým problémem a rovněž při gravitačním lití do kovových forem vyhovují běžné nelegované slitiny železa. Pouze za zvýšených sil je tepelné a mechanické namáhání tak velké, že pro výrobu forem se musí používat vysokolegované oceli.

Vzhledem k menším tepelným dilatacím forem a jejich menším deformacím vlivem metalostatického tlaku se u slitin hliníku dosahuje obvykle vyšší přesnosti odlitků a lepší kvality povrchu, než při odlévání slitin železa. Proto se mohou na odlitcích navrhovat menší přídavky na obrobení a při lití do kovových forem lze často odlévat nahotovo. Lze předlévat poměrně malé otvory a používat kovová jádra. Pokud mechanické vlastnosti použité hliníkové slitiny v některých částech odlitku nevyhovují, používají se kovové zálitky, které se před litím vkládají do forem.

Při odlévání je vždy nutno respektovat velký sklon k oxidaci tekutého kovu. To se musí projevit v provedení vtokových systémů forem tak, aby bylo zajištěno co nejklidnější plnění. Kov ve formě nesmí dopadat z velké výšky. Preferuje se používání spodních vtoků. U technologií, u nichž dochází k velké turbulenci a

rozstřikování kovu (tlakové lití) je vždy horší homogenita kovu. Pro zachycení vměstků se ve velkém rozsahu používají ploché nebo objemové filtry.

Hliníkové slitiny během tuhnutí stahují a mají značný sklon k tvorbě soustředných nebo rozptýlených staženin (mikrostaženin a ředin). Odlitky je proto nutné nálitkovat, nebo kov během tuhnutí doplňovat jiným způsobem. Poměr obou typů dutin závisí zejména na šířce intervalu tuhnutí slitiny a na rychlosti chladnutí. Slitiny s širokým intervalem tuhnutí mají větší sklon ke tvorbě mikrostaženin, než slitiny eutektické. Vyšší rychlost chladnutí podporuje vznik soustředných staženin a omezuje vznik mikrostaženin. Modifikované slitiny mívají větší sklon ke tvorbě rozptýlených dutin, než slitiny nemodifikované. Vzhledem k malé hustotě kovu vzniká pod nálitky poměrně malý dosazovací tlak. Pro dosazování proto může být výhodné používat štíhlé, vyšší nálitky. [3]

3.1 Tlakové lití

Tlakové lití je nejdůležitější technologií výroby hliníkových a hořčíkových odlitků. Principem výroby je vstřikování roztavené slitiny do dutiny kovové formy pod vysokým tlakem (až 250 MPa). Za těchto podmínek je možné vyrábět tvarově velmi komplikované odlitky s tloušťkou stěn od přibližně 1-2 mm, za určitých podmínek a u některých slitin i méně než 1 mm. Rozměry odlitků jsou velmi přesné, u menších rozměrů lze dosáhnout přesnosti až 0,3-0,5 %. [3] Výroba odlitků litých do kovových forem pod tlakem je dnes rozšířena pro řadu technických výhod, například možnost výroby odlitků složitých tvarů, s předlitými otvory, s vysokou rozměrovou přesností a hladkostí povrchu s minimálními přídávky na obrábění, jemnozrnnou strukturou a tím i vyššími mechanickými vlastnostmi. Zapomenout nelze ovšem ani na ekonomické výhody, jako jsou menší hmotnost odlitku, vyšší využitelnost kovu a nižší pracnost dokončovacích operací. Z hlediska užitných vlastností je mimo jiné důležitá jemnozrnná krystalická struktura tlakově litých odlitků. Ta úzce souvisí s rychlostí krystalizace, resp. tuhnutím odlitku.

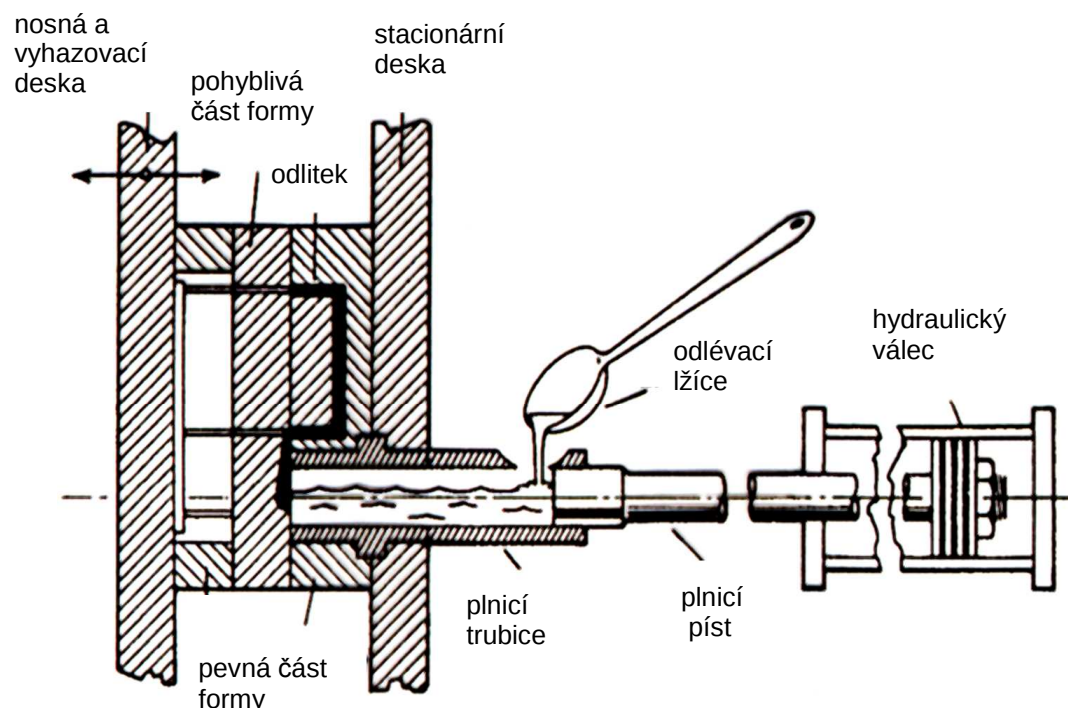
K té přispívají dva důležité faktory: vysoká akumulární schopnost kovové formy a vysoký tlak působící na taveninu, který způsobuje její tzv. atermické podchlazení. I když lze při tlakovém lití odlévat slitiny s maximální tavicí teplotou zhruba do 1000 °C, mají značné uplatnění především slitiny s nižší tavicí teplotou. Současně je snaha překonávat nebo omezovat jeden z velkých nedostatků tlakově litých odlitků - porezitu, která se může objevit až po obrábění a bývá příčinou netěsnosti odlitků. I přes možnost výskytu této nepříznivé vlastnosti je největší uplatnění tlakově odlévaných odlitků v automobilovém a leteckém průmyslu. [4]

Ve formách lze používat výhradně kovová jádra. Tvar odlitku musí respektovat možnosti rozebrání formy a vytažení volných částí a jader. Velká část otvorů se předlévá. Do forem je před litím možno vkládat kovové zálitky. Některé formy jsou konstrukčně velmi složité. Formy jsou vyrobeny nástrojařským způsobem. Obvykle se skládají z rámu a vložek, které tvoří funkční část formy, která je přímo ve styku s kovem. Vzhledem k mimořádným mechanickým a tepelným nárokům se funkční části vyrábí z vysoce legovaných Cr-Mo ocelí a tepelně zpracují. Méně namáhané části, jako rám a další díly se vyrábí z méně ušlechtilých ocelí. Vzhledem k mimořádně vysokým výrobním nákladům (řádově statisíce až miliony korun) se vyžaduje i vysoká životnost forem. Životnost u menších forem dosahuje až 100 000 i více odlití. Vzhledem k nutnosti amortizace ceny forem je technologie tlakového lití vhodná pouze pro vysokosériovou a hromadnou výrobu odlitků. Maximální velikost odlitků. Které se na konkrétním stroji dají vyrobit je limitována maximální hmotností kovu a uzavírací silou stroje. Je to hodnota síly, kterou jsou svírány obě poloviny formy. Velké stroje mají uzavírací sílu až kolem 40 MN, výjimečně i vyšší. [3]

3.1.1 Tlakové licí stroje

Podle konstrukce se tlakové stroje dělí na dva základní typy, se studenou komorou a s teplou komorou. Podle směru pohybu plnicího pístu mohou být stroje se svislou nebo vodorovnou komorou. Slitiny hliníku se v současné době odlévají téměř výhradně na strojích se studenou licí komorou. [3]

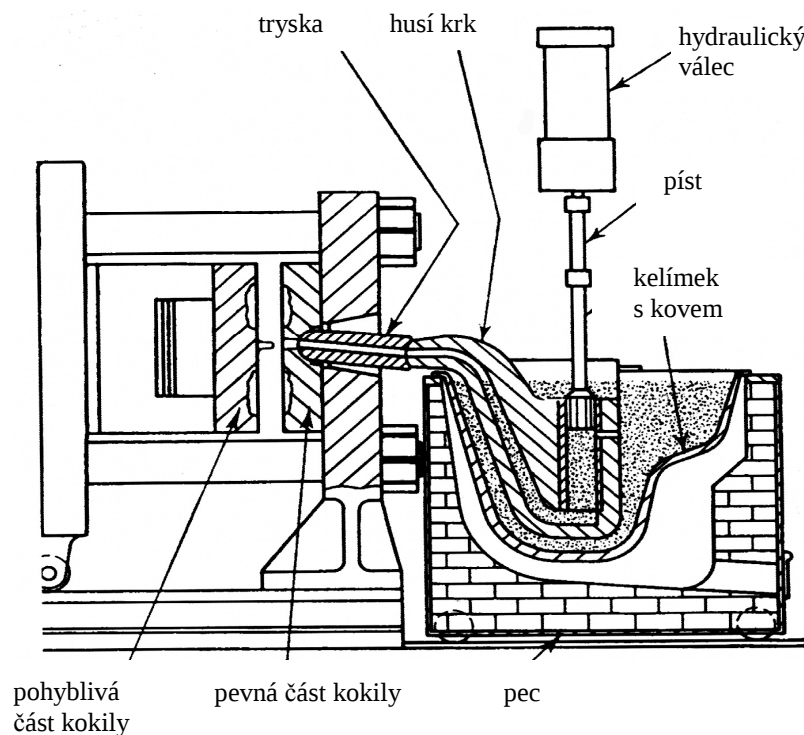
3.1.1.1 Tlakový licí stroj se studenou komorou



Obr. 2 : Horizontální tlakový stroj se studenou komorou [3]

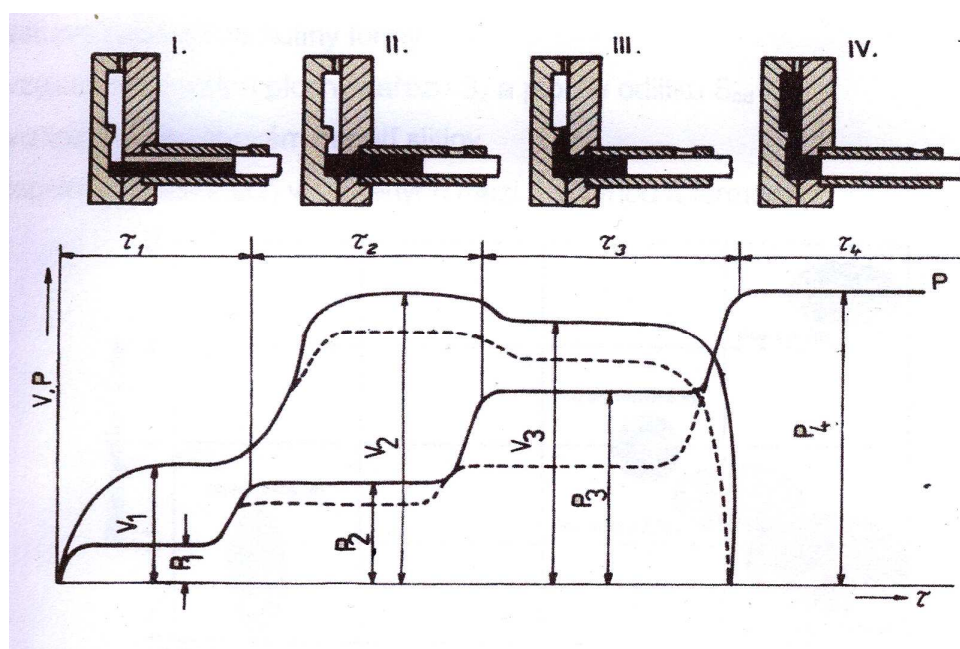
Dávkování kovu do plnicí trubice se může provádět manuálně, u modernějších zařízení je však dávkování automatické a to buď plnicí lžící nebo pneumatickým dávkovacím zařízením z udržovací nebo dávkovací pece, která bývá součástí každého pracoviště tlakového stroje. Transport kovu se provádí některým ze způsobů, který zamezuje styku kovu s atmosférou. Po ztuhnutí se odlitek z pohyblivé části formy vytlačí pomocí vyhazovačů a odebírá ručně nebo pomocí robota. Následuje ochlazení odlitku, ostřížení vtoků a přetoků a konečná apretace. Před dalším licím cyklem se forma nastříká separačním prostředkem, který zamezuje nalepování odlitků a usnadňuje jejich vyjímání z formy. V moderních provozech je celý cyklus automatizován. [3]

3.1.1.2 Tlakové licí stroje s teplou komorou



Obr. 3 : Tlakový stroj s teplou komorou [3]

Stroje s teplou licí komorou mají plnicí komoru umístěnou pod hladinou kovu v udržovací peci. Jejich výhodou je, že kov se z udržovací do plnicí komory nepřelévá a tak nedochází k jeho oxidaci. Rovněž teplotní ztráty jsou minimální. Tento typ pecí se nepoužívá pro slitiny hliníku, je však častý při lití slitin hořčíku a zinku. [3]



Obr. 4: Fáze plnění dutiny formy roztaveným kovem při tlakovém lití [12]

1. **v čase 0 až t_1 :** naplnění plnicí komory tlakového licího stroje potřebným množstvím tekutého kovu – tlak na kov ještě nepůsobí
2. **v čase t_1 až t_2 :** tzv. hrubé plnění – dochází k naplnění dutiny formy tekutým kovem – vtokovým systémem prochází velké množství kovu vysokou rychlostí, nastává velké tření a část pohybové energie proudu kovu se proto mění v teplo tj. teplota kovu se zvyšuje.
3. **v čase t_2 až t_3 :** doplňování kovu do formy – v této fázi je forma pouze doplňována ve všech detailech působením hydrodynamického tlaku proudícího kovu, hodnota tlaku vzrůstá rychleji a dosáhne maxima.
4. **v čase t_3 až t_4 :** po úplném vyplnění dutiny formy kovem, přestane působit dynamický účinek a po dobu tuhnutí na kov působí pouze hydrostatický tlak. [13]

4. JAKOST

Jakost je dle ČSN definována jako souhrn vlastností výrobku nebo služby, které určují schopnost uspokojit stanovené nebo předpokládané potřeby uživatelů. V současné době tato definice již neodpovídá požadavkům společenské praxe, proto jsou uváděny další definice jakosti. [7]

Jakost je možno definovat jako „stupeň splnění požadavků souborem inherentních znaků“. Přitom slůvko „požadavek“ je možno chápat jako skutečnou potřebu zákazníka či očekávání, které je stanoveno např. závazným předpisem (zákonem, normou či jiným obecně známým právním dokumentem). Vzhledem k jednotlivým možným přístupům k jakosti dle úrovně chápání této problematiky, je nutno uvést některé další definice jakosti či názory na jakost:

- Jakost je schopnost splnit požadavky uživatele a veřejného zájmu prostřednictvím souhrnu vlastností, vyjadřujících způsobilost výrobku plnit funkce, pro něž je určen. (Crosby)
- Jakost je souhrn vlastností výrobku, rozhodujících pro plnění jeho funkce za předepsaných provozních podmínek a při nejnižších vynaložených nákladech. (americká norma)
- Jakost výrobku je stupeň způsobilosti, aby vyhověl účelu jeho využití. (Juran) [8]

4.1 Řízení jakosti

Ze všeho, co děláme a co se vztahuje k jakosti, je nejdůležitější řízení jakosti. Jakost není zabezpečována pouze pomocí kontroly. Zajišťování jakosti je zkoumání toho, zda inspekce jakosti a operace řízení jakosti byly provedeny správně, jakožto i kontrola činnosti konstrukčního, výrobního a marketingového oddělení, aby se zjistilo, zda všechna tato oddělení pracují ve prospěch cílové úrovně jakosti. K ověření toho zda výrobek odpovídá požadavkům u zákazníka, musí být navrženy kontrolní postupy. [9]

Nejdůležitější funkce zajišťování jakosti jsou:

- Vytvoření a vývoj strategie řízení jakosti
- Vytvoření strategie zajišťování jakosti a norem zajišťování jakosti
- Sestavení a realizace systému zajišťování jakosti
- Navržení postupů zajišťování jakosti pro každý stupeň řízení jakosti
- Vyhodnocování jakosti pro každý stupeň
- Zajištění navrhované jakosti
- Zaznamenání důležitých problémů jakosti a jejich rozbor
- Vysvětlování důležitých funkcí zajišťování jakosti výrobku a pro řízení jakosti povýrobní etapě
- Ujištění se o tom, že všechny činnosti zajišťování jakosti, které se vykonávají v průběhu výroby, byly správně pochopeny.
- Provádění kontrol jakosti a projednávání neshod
- Kontroly jakosti výrobku a dohled nad systémem zajišťování jakosti.
- Shromažďování, rozbor a využívání údajů o jakosti. [9]

4.1.1 Sedm nástrojů řízení jakosti

Podle japonských zkušeností se jejich aplikací v praxi, dá vyřešit kolem 75% problémů spojených s problematikou řízení jakosti. Osvědčují se nejen ve výrobě, ale v jakékoli operativní činnosti při hledání souvislostí, vyšetřování příčin, stanovení priorit a hledání možností zlepšování. [8]

Kontrolní tabulky (sběr a třídění údajů)

Tento jednoduchý nástroj řízení jakosti slouží k zaznamenání potřebných dat o zkoumaném jevu. Z tohoto důvodu je kladen mimořádný důraz na správnost a pravdivost zaznamenávaných dat. Při přípravě příslušné tabulky k záznamu dat je nutno přihlížet k požadavkům jednoduchosti a přehlednosti daného formuláře. Dále musí být tyto tabulky tvořeny na principu stratifikace, tj. principu třídění dat podle přijatých kritérií. Cílem tohoto třídění je získaná data zpřehlednit tak, aby bylo možné relativně rychle vyhledat příčiny neshod. Tabulky také musí splňovat další požadavek, a to, že z nich musí být zcela jasný přehled o původu každé datové položky, způsobu získávání dat, místa sběru dat, časových souvislostech. [8]

Histogramy

Histogram (sloupcový graf) nám umožňuje zprehlednit velké množství naměřených hodnot, které jsou zapsány do tabulek. Toto znázornění je ve své podstatě znázornění intervalového rozdělení četnosti určitého sledovaného znaku jakosti. Histogram nám velmi přehlednou a rychlou formou poskytuje následující informace o:

- střední hodnotě a rozptylu sledovaného znaku jakosti
- způsobilosti sledovaného procesu [8]

Vývojové diagramy

Tyto diagramy se používají ke znázornění průběhu a struktury velmi složitých procesů, jejichž slovní popis by byl velmi zdlouhavý a nepřehledný. [8]

Paretova analýza

Tento nástroj je též znám pod názvem „Paretův diagram“. Paretův diagram je založen na tzv. „Paretově principu“, tj., že 80% následků je způsobeno 20% příčin. J.M. Juran ve své práci v řízení jakosti zjistil, že tento princip se objevuje i zde. Relativně malou skupinu faktorů (příčin) nejakosti, které způsobují oněch 80% problémů v jakosti, nazval „životně důležitou menšinou“, zbývající faktory (příčiny) nejakosti nazval „triviální většinou“, později „užitečnou většinou“. [8]

Diagram příčin a důsledků (Ishikawův diagram „rybí kost“)

Pomocí tohoto jednoduchého nástroje řízení jakosti můžeme názornou formou zachytit většinu možných příčin, které vesly či v budoucnu mohou vést k nějaké nejakosti. Toto je provedení ex post. Je možné i užití tohoto diagramu i v podobě ex ante, tj. pro zajištění kvality budoucího jevu. V tomto případě nám tento nástroj ukazuje na ty faktory (vlivy, příčiny), kterým musíme věnovat náležitou pozornost, aby budoucí jev, který je jimi ovlivňován, byl realizován v požadované úrovni jakosti. [8]

Korelační analýza (Bodový diagram)

Korelační analýza je určena pro rychlé zjišťování existence určité závislosti mezi dvěma veličinami. Také se používá v těch případech řízení procesu jakosti, kdy je určitý znak jakosti (velmi lehce zjištělný) v určité stochastické závislosti se znakem jakosti jiným, hůře zjištělným. V těchto případech se hledá vhodná regresní funkce s jejíž pomocí je možno stanovit hodnoty znaku jakosti hůře zjištělného. [8]

Regulační diagramy

Regulační diagram (Control Chart) je nástroj, který je schopen znázornit vývoj hodnoty sledovaného znaku jakosti v časové posloupnosti. Také je schopen nám sdělit potřebné informace o stabilitě daného procesu, jeho trendech apod. Dále nám tento nástroj umožňuje oddělit náhodné veličiny ovlivňující úroveň daného procesu od veličin vymezitelných. Z tohoto důvodu je nejčastěji používán při statistické regulaci procesů. [8]

Regulační diagram je základním nástrojem SPC. Je to grafický prostředek zobrazení vývoje variability procesu v čase využívající principů testování statistických hypotéz. Jedna z funkcí efektivního využití regulačního diagramu je poskytnout statistický signál, když začne působit vymezitelná příčina (viz. níže). Rozhodnutí o statistické zvládnutosti procesu umožňují 3 základní čáry:

- CL (Central Line) – střední čára, odpovídá tzv. referenční (požadované) hodnotě použité znázorňované charakteristiky,
- UCL (Upper Control Limit) – horní regulační mez
- LCL (Lower Control Limit) – dolní regulační mez [11]

Těmto regulačním mezím se také říká akční meze. Vymezují pásmo působení pouze náhodných příčin variability a jsou základním rozhodovacím kritériem, zda učinit regulační zásah do procesu či nikoliv. Leží-li všechny body mezi UCL a LCL, je proces pokládán za statisticky zvládnutý a není vyžadován zásah do procesu. Leží-li některý bod mimo meze UCL a LCL, je proces pokládán za statisticky nezvládnutý, je vyžadována identifikace vymezitelné příčiny této odchylky a přijetí opatření s cílem úplné či alespoň částečné eliminace vymezitelného vlivu [11]

4.1.2 Metoda FMEA (Failure mode and Effects Analysis)

Cíl metody FMEA je zaručit preventivní bezchybnost konstrukci a výrobu nového výrobku ještě před zahájením sériové nebo hromadné výroby.

Jedná se o analýzu možností vzniku vad a jejich následků. V plánování jakosti se používá ve formě analýzy konstrukčního provedení, výrobního procesu nebo analýzy výrobku. Cílem je rozeznat v různých stádiích tvorby výrobku nebo procesu co nejdříve možnosti vzniku vad, určit jejich možné následky, ohodnotit rizika a bezpečně jim předejít. Použité druhy FMEA spolu souvisejí a vycházejí jeden z druhého. V současnosti existuje řada typů analýz, jako např. analýzy investiční, likvidační, zásobovací, organizační, systémové nebo ekologické. [8]

FMEA konstrukční

Zkoumá všechna myslitelná i možná selhání dílčího nebo celého systému a vychází přitom z jeho funkcí v systému. Protože potenciální příčiny mohou být konstrukčního i výrobního charakteru v návaznosti na analýzu se kvantitativně ohodnocují konstrukční i výrobní opatření a opatření k zabezpečení jakosti. Jejich realizace se koordinuje a prověřuje. Pracovní skupinu vede odpovědný konstruktér. . [8]

FMEA procesní

Vychází nebo navazuje na konstrukční. Analyzují se slabá místa u výrobních postupů, zařízení, montážních procesů, výrobních etap, apod.

Vychází z výčtu příčin potenciálních vad procesu výroby a montáže, tj. konstrukční FMEA může jako potenciální vadu zkoumat např. také chybnou funkci výrobního procesu (chybí vrtaný otvor, apod.), možnou příčinu této vady ve výrobním procesu hledá výhradně FMEA procesní (zlomený vrták, vynechaná operace, apod.). Stanoví nutná nápravná opatření (jako FMEA konstrukční). Pracovní skupinu vede pracovník příslušného oddělení výroby, přípravy výroby nebo zabezpečování jakosti. . [8]

FMEA výrobku

Zkoumá konstrukci a výrobní proces nebo systém vcelku. Analyzuje a zlepšuje obojí v jedné FMEA. K tomu dochází nejčastěji ve formě FMEA nakupovaného dílu. Je iniciována, řízena a koordinována zákazníkem. [8]

Výše uvedeným formám je společné, že jsou základním východiskem pro nasazení metod SPC. [8]

Typické prvky metody:

- Funkčně orientovaný způsob myšlení a postupu
- Systematický pracovní postup
- Týmová práce
- Formulace návrhů na zlepšení jakosti
- Využívání metod kreativity

Průběh analýzy FMEA

Při zjišťování se postupuje systematicky podle plánu práce v následujících etapách:

1. etapa

- plánování a příprava
- sestavení úkolů a vytyčení cílů
- naplánování časového průběhu
- sestavení pracovního (řešitelského týmu)
- sběr informací

2. etapa

- analýza možných chyb
- definice prvků, procesů, strojních zařízení, operací, apod., včetně definování jejich funkcí
- hledání potencionálních druhů chyb a jejich příčin
- stanovení a odhad účinku těchto chyb
- návrh a popis aktivit k odkrytí a zábraně chyb za současného stavu

3. etapa

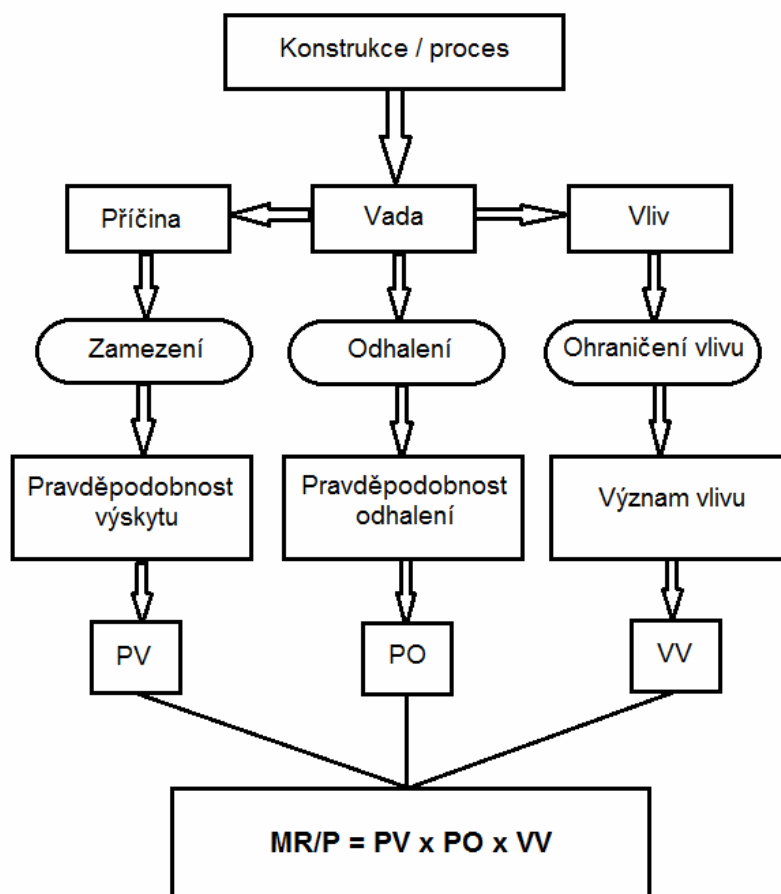
- vyhodnocení rizika
- posuzují se a vyhodnocují se tři faktory:
 - pravděpodobnost výskytu vady "PV"
 - pravděpodobnost odhalení vady "PO"
 - význam (důležitosti) vady "VV"

U všech tří faktorů se jedná o pravděpodobnostní předpoklady. Pro hodnocení používáme zpravidla deseti bodovou stupnici, podle níž členové týmu, event. Další přizvaní externisté hodnotí výskyt příslušným počtem bodů. [7]

- výpočet míry rizika/priority "MR/P" (rizikové číslo priority)

$$MR/P = PV \times PO \times VV$$

- výběr příčin s největším rizikovým číslem a nejzávažnějším významem



Obr. 5: Schéma analýzy metody FMEA [7]

Poznámka:

Ve slévárně Kovolit a.s., kde byla zpracována experimentální část této práce, je namísto označení rizikového čísla priority MR/P používáno a ve formulářích FMEA užito označení URP - Ukazatel priority rizika.

4. etapa

- zlepšení jakosti
- určit místa "stavby jakosti"
- návrh alternativních řešení
- dávat přednost opatřením pro prevenci chyb před opatřeními pro jejich následné odhalení

5. etapa

- výběr a zhodnocení návrhů
- výběr vhodných návrhů na zlepšení
- posouzení nákladů a termínů možné realizace
- nový propočet rizikového čísla u alternativních řešení a porovnání s původním propočtem

6. etapa

- zavedení doporučených návrhů
- návrh plánu realizace
- určení zodpovědnosti za realizaci a zavedení
- časový harmonogram zavedení [7]

4.1.3 Statistická regulace procesu (SPC)

Metoda SPC (Statistical Process Control) představuje preventivní nástroj řízení jakosti, neboť na základě včasného odhalování významných odchylek v procesu od předem stanovené úrovně umožňuje realizovat zásahy do procesu s cílem udržovat jej dlouhodobě na přípustné a stabilní úrovni, popř. umožnit proces zlepšovat. SPC vyžaduje mimo jiné i vytvoření takových podmínek, jako je jasné vymezení zodpovědnosti každého pracovníka za jakost, systém dokumentování všech činností, nařízení a rozhodnutí spojených se zabezpečováním jakosti, aby bylo možno jednoznačně dojít zpětně k prvotní příčině odchylky od požadované úrovně jakosti a vyvodit z toho kroky k nápravě.

Použití metody SPC ve výrobě přispívá ke zvýšení kvality vyráběného produktu, umožňuje včas identifikovat změny v kvalitě a minimalizovat počet nekvalitních výrobků. Statistické řízení kvality zajišťuje dodavatelům lepší pozici v tvrdých podmínkách konkurenčního boje.

Obecně je možné říci, že metoda SPC má největší přínos při: [10]

- hromadné sériové výrobě,
- velkém objemu výroby s malým jednicovým ziskem,
- výrobě produktů vyžadujících velkou přesnost (úzké toleranční pásmo)

I za relativně stálých podmínek působí na proces a jeho výstupy řada vlivů, které způsobují, že nelze vyprodukovat dva zcela totožné produkty. Je však možné tyto vlivy studovat a vytvářet podmínky, aby se variabilita procesu pohybovala ve svých přirozených mezích, byla stabilní a aby bylo možné na základě znalostí přirozených mezí variability předvídat chování procesu v budoucnu. Princip SPC vychází z členění variability na dva druhy:

- variabilita vyvolaná náhodnými (přirozenými) příčinami
- variabilita vyvolaná vymezitelnými (identifikovatelnými) příčinami. [11]

Náhodné příčiny

vytvářejí široký komplex jednotlivě neidentifikovatelných příčin, z nichž každá sama o sobě přispívá k celkové variabilitě velkou měrou. Vyvolávají-li variabilitu pouze tyto příčiny, lze proces charakterizovat jako proces reprodukovatelný, u něhož je jakost výstupů předvídatelná a jako proces ve staticky zvládnutém stavu. To znamená, že typ a parametry rozdělení znaku jakosti či parametru procesu, pomocí něhož hodnotíme variabilitu procesu, jsou známy a nemění se. Mezi tyto příčiny patří například chvění stroje, vlhkost ovzduší apod. . [11]

Vymezitelné příčiny

představují vliv zdrojů variability, které za běžných podmínek na proces nepůsobí. Vyvolávají reálné změny procesu, projevující se v nepřírozeném kolísání údajů, pomocí nichž variabilitu procesu hodnotíme. Působí-li na proces i tyto příčiny, lze proces charakterizovat, jako proces, který není reprodukovatelný a jakost jeho výstupů není předvídatelná. Proces není statisticky stabilní. To znamená, že typ a parametry rozdělení znaku jakosti či parametru procesu, pomocí něhož hodnotíme variabilitu procesu se v čase mění. Mezi tyto příčiny patří například poškození nástroje, nezaškolená obsluha stroje apod.

Chceme-li realizovat neustálé zlepšování procesu, pak je nutné neustále monitorovat chování procesu s cílem dosáhnout a udržovat statisticky zvládnutý stav cestou zjišťování a odstraňování či alespoň eliminaci působení vymezitelných příčin. [11]

Základním nástrojem SPC jsou regulační diagramy, viz kapitola 4.1.1.

4.1.3.1 Statistická regulace měření

- výběrový průměr – výběrové rozpětí ($\bar{x} - R$)
- výběrový průměr – výběrová směrodatná odchylka ($\bar{x} - s$)
- výběrový medián – výběrové rozpětí ($\tilde{x} - R$)
- individuální hodnota – výběrové rozpětí ($x_i - R$) [16]

Společná pravidla pro statistickou regulaci měření:

1. měření výběru v pravidelných intervalech podle rychlosti změn sledované veličiny a zapisování do tabulky
2. výpočet výběrových charakteristik a zakreslování do diagramu

výběrový průměr: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$

výběrové rozpětí: $R = x_{(n)} - x_{(1)}$

výběrový medián: x = prostřední hodnota z výběru

výběrová směrodatná odchylka: $s = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$

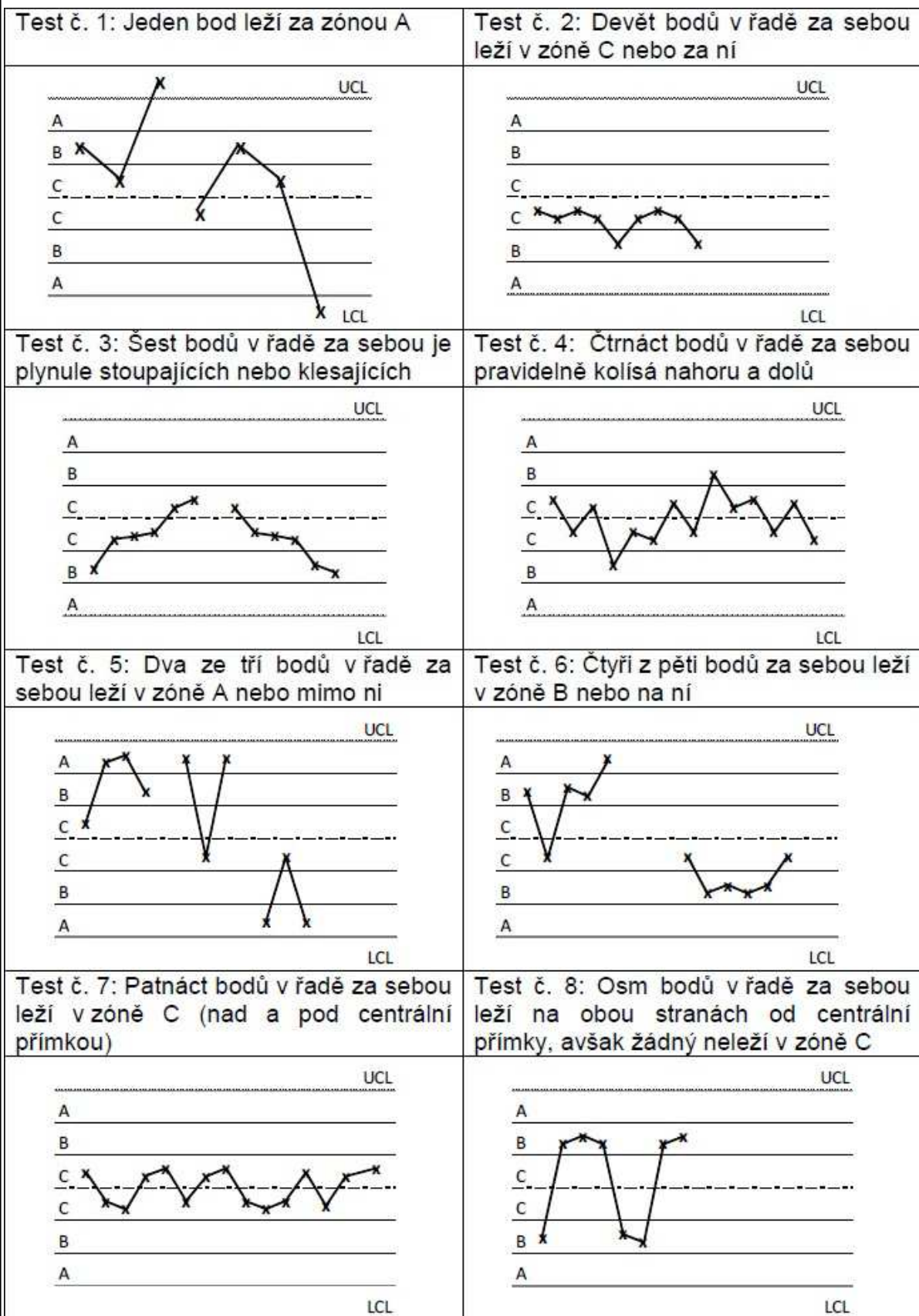
3. výpočet průměrné hodnoty procesu a regulačních mezí

horní mez $UCL = x + 3\sigma$

dolní mez $LCL = x - 3\sigma$

4. posouzení statistické stability procesu:

- body ležící mimo regulační meze
- 9 za sebou jdoucích body leží po jedné straně střední čáry
- 9 za sebou jdoucích body tvoří monotónně rostoucí nebo klesající řadu – trend [16]



Obr. 6: Posouzení statistické způsobilosti procesu [16]

5. je-li proces statisticky zvládnutý, vypočítá se index způsobilosti procesu c_p a kritický index způsobilosti procesu c_{pk}

Index způsobilosti procesu slouží k ohodnocení, zda a do jaké míry se daří dodržovat předepsané regulační meze a stanovenou úroveň spojitého znaku jakosti sledovaného například v regulačním diagramu. [16]

Index způsobilosti procesu – C_p

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \sigma} \quad C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot s}$$

USL – horní toleranční mez

LSL – dolní toleranční mez

s - směrodatná odchylka základního souboru

μ - střední hodnota základního souboru

$\bar{x}$ - aritmetický průměr výběrového souboru

s - směrodatná odchylka výběrového souboru

sstandardní odchylka procesu v intervalu $\pm 3s$ se nachází 99,73% z celého souboru.

$C_p = 1$výrobní proces není způsobilý

$C_p < 1$ výrobní proces je pouze stěží blízkosti způsobilosti

$C_p > 1,33$... výrobní proces je způsobilý

Kritický index způsobilosti procesu – C_{pk}

Tento index je přísnější než C_p

$$C_{pU} = \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot s} \quad C_{pL} = \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot s}$$

$$C_{pk} = \min(C_{pL}, C_{pU})$$

6. Je-li $c_{pk} < 1,33$ je proces statisticky zvládnutý, ale není způsobilý vůči tolerančním mezím

7. je-li $c_{pk} \geq 1,33$ proces je způsobilý, pak pokračuje sledování, přičemž regulační meze zůstávají tytéž [16]

4.1.4 Metoda QFD (Quality Function Deployment)

Metoda QFD byla vyvinuta v Japonsku v šedesátých letech 20. století. Jako první zavedla metodu QFD do procesu výroby produktu japonská firma Kobe Shipard v roce 1972. Do USA pronikla metoda až v roce 1984 a od roku 1987 se dostává také do Švédska (Volvo, Saab).

QFD se dá definovat jako systém opatření, která zajišťují, aby byly známy zákaznickovy požadavky a přání, aby byly skutečně respektovány ve všech fázích procesu tvorby výrobku. Cílem je systematické poznávání a transformace přání a požadavků zákazníka do specifikací výrobků Stanovení cílů pro všechny faze procesu tvorby výrobku. [7]

Výhody spojené s užíváním metody QFD jsou následující:

- Méně konstrukčních změn

V Japonsku se soustřeďuje úsilí na počátek výrobního procesu tvorby produktu, přibližně 12 až 14 měsíců před sériovou výrobou je 90% vývojových prací dokončeno, v USA je tomu naopak. Počet konstrukčních změn roste až do počátku sériové výroby, na začátku sériové výroby počet konstrukčních změn klesne, ale poněkoli měsíců opět roste (reklamace, poznatky z provozu). Při tomto srovnání, které bylo provedeno v automobilovém průmyslu je vidět, že použití metody QFD vede ke snížení počtu konstrukčních a technologických změn. [15]

- Kratší doba vývoje

Základním předpokladem úspěchu produktu na trhu je fakt, že je ve správném čase na správném místě. Předpokladem pro včasné uvedení produktu na trh je doba návrhu a vývoje nového produktu. Zkrácení doby vývoje tak znamená, že zákazník dostane produkt právě tehdy, kdy ho vyžaduje. QFD umožňuje pracovat paralelně v různých fázích tvorby výrobku, což krátí vývojové časy. [15]

- Méně problémů při rozběhu výroby

Snížení počtu problémů je možno připsat lepší komunikaci ve vývojovém stádiu a specifickému vedení požadavků do výrobního procesu.

- Nižší náklady na výrobu nových výrobků

Na rozdíl od obvyklých specifikací výrobku ukazuje nejen znaky a cílové hodnoty, ale také vztahy k potřebám uživatelů. Menší počet problémů a nedorozumění ve výrobním procesu vede ke snížení výrobních nákladů. [15]

- Orientace na zákazníka

Kromě výše uvedených výhod, které znamenají zvýšenou efektivitu, přispívá QFD také k tomu, že zákazník dostane to co požaduje. To je velmi důležité, protože potřeby zákazníků jsou v dnešní době široké a rychle se mění. Pro podnikající subjekty, které chtějí uspět v konkurenčním prostředí je nutné respektovat přání zákazníka a plnit je prostřednictvím produktů, které vyrábí. [15]

- Nižší finanční dopady

Při vzájemné spolupráci marketingu, předvýrobních a výrobních útvarů, managementu dochází ke společné komunikaci a úsilí vynaložené v této fázi se zhodnotí v podstatně nižších nákladech na ztrátách či slevách z titulu vadné výroby, reklamací atd. [15]

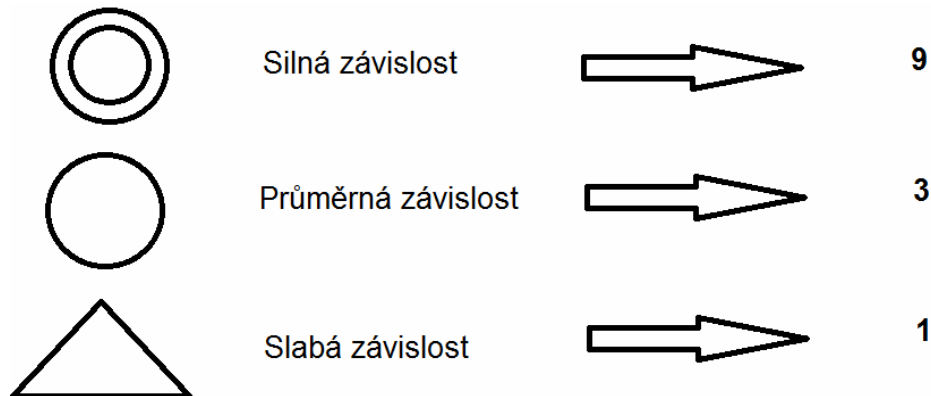
4.1.4.1 Diagram QFD („dům jakosti“)

Dříve byl diagram řízení jakosti tabulkou řídících metod zahrnující řídicí charakteristiky, metody odběru vzorků a měření pro výrobní procesy a personál, který je za vykonávání těchto činností odpovědný. Dnes diagram procesu řízení jakosti předchází tabulce aktivit zajištění jakosti, ale nejlepších výsledků bylo dosaženo spojením těchto dvou nástrojů. To se stane, dosáhne-li se jakosti, kterou požaduje zákazník.

Tvorba domu jakosti probíhá v týmu plánování jakosti. Úkolem týmu je analyzovat vzájemné vztahy mezi jednotlivými požadavky zákazníků a znaky jakosti navrhovaného produktu. Na základě diskuse týmu se do buněk maticového diagramu zaznamenávají symboly, které charakterizují, zda jde o silnou závislost, průměrnou závislost, slabou závislost či nezávislost. Nezávislost se zpravidla charakterizuje prázdnou buňkou. [15]

Používané symboly:

Těmto symbolům jsou přiřazeny číselné hodnoty.



Obr. 7: Symboly užívané pro dům jakosti [15]

Získaný maticový diagram názorně udává první informace o tom, ve kterých technických parametrech výrobku se promítají jednotlivé požadavky zákazníků. Jeho analýza se zaměřuje zejména na míru zaplnění jednotlivých řádků a sloupců symboly, charakterizujícími intenzitu závislosti. Jestliže některý z řádků neobsahuje žádný symbol, znamená to, že daný požadavek zákazníka se nepromítá v žádném z uvedených znaků jakosti výrobku.

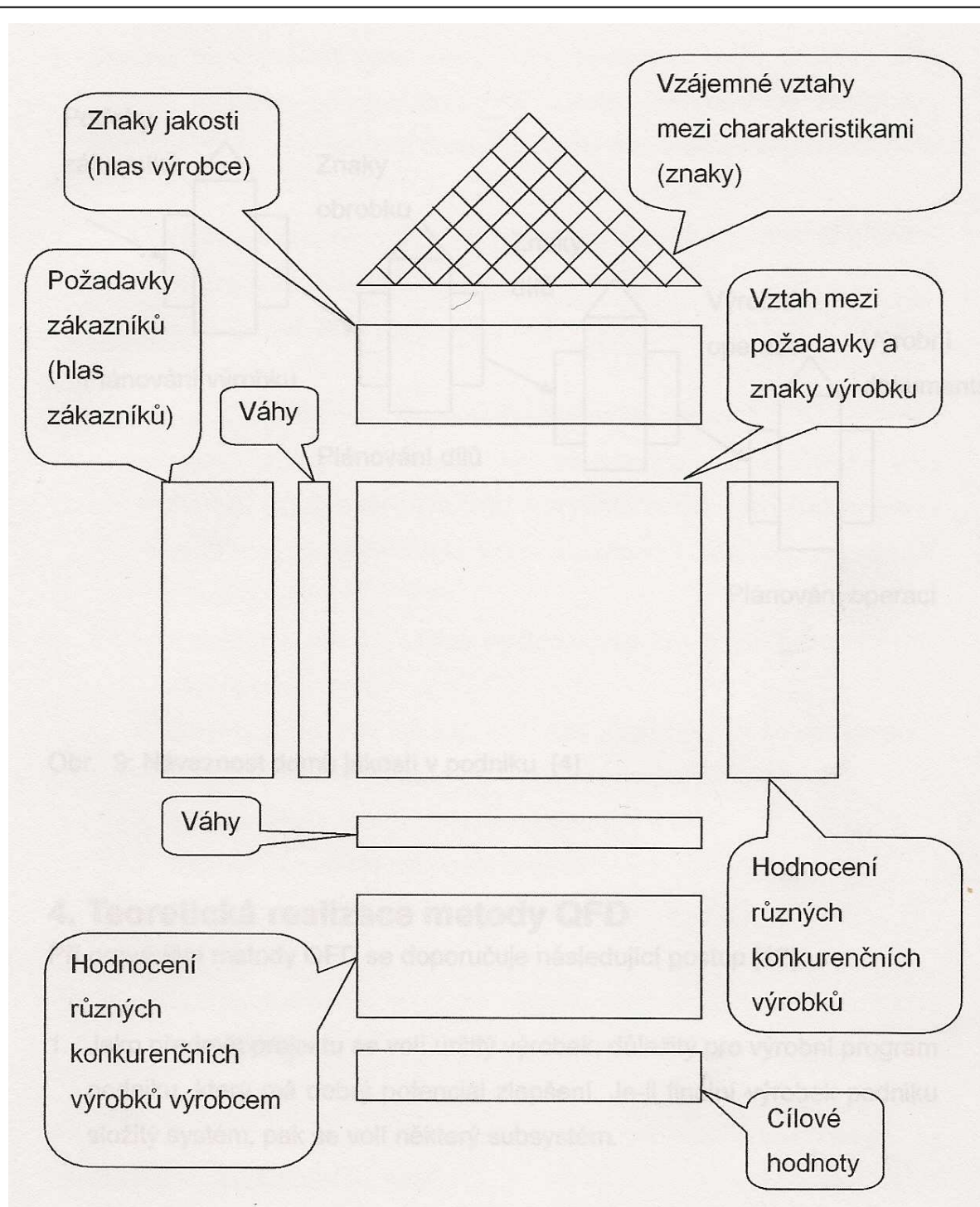
Z hlediska zpracování domu jakosti je důležité rovněž identifikovat ty znaky jakosti výrobku, které jsou z hlediska požadavků zákazníka nejdůležitější. S cílem přihlédnout k rozdílné závažnosti jednotlivých požadavků zákazníků se v další fázi zpracování ke každému z požadavků přiřadí jeho váha vyjádřená bodovým hodnocením.

Dalším krokem je hodnocení, jak navrhovaný výrobek splňuje požadavky zákazníků ve srovnání s obdobnými konkurenčními výrobky. K hodnocení úrovně plnění požadavků zákazníků se obvykle používá bodové hodnocení ve stupnici 1 až 5.

Pracovníci vývoje zajišťují analýzu vzájemných vztahů mezi jednotlivými charakteristikami výrobku. Míra závislosti se zaznamenává do „střechy domu jakosti“. K vyjádření závislosti se používají symboly, zda jde o závislost pozitivní (+) či negativní (-).

Na základě informací o technických parametrech výrobku pak pracovníci vývoje provedou porovnání s konkurencí z hlediska technických možností dosahovat jednotlivých znaků jakosti. K tomuto hodnocení se opět používá obvykle známkování ve stupnici 1 až 5, které se dokumentuje graficky. [15]

Ze vztahů mezi požadavky zákazníka a vlastnostmi výrobku a vahou, kterou zákazník přikládá, se může pro každou vlastnost určit hodnota váženého součtu (vynásobením hodnoty mezi přáním zákazníka a vlastností s hodnotou váhy zákazníkova přání). Poté se sečtou jednotlivé hodnoty pro zvolenou oblast (znak).[15]



Obr.8: Schéma diagramu QFD (domu jakosti) [15]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5. POPIS SLÉVÁRNY KOVOLIT

Výroba odlitků se provádí na robotizovaných a automatizovaných tlakových licích strojích s uzavírací silou 1600 až 13 500 kN se studenou horizontální komorou, nízkotlakými licími stroji a gravitačním litím do kovových forem. Produkty slévárny směřují z největší části do automobilového a elektrotechnického průmyslu, převážně zemí Evropské unie. Slévárna pracuje na dvousměnný nepřetržitý provoz. Na výrobu odlitků se ve slévárně Kovolit a.s. používají předslitiny AlSi9Cu3, AlSi12(Cu), AlSi10Mg, AlSi12, AlSi12Cu1(Fe), AlSi7Mg0,3 a AlSi10. Slévárna byla certifikována dle ISO 9001.

Kvalita výrobků je ověřována kontrolou:

- chemického složení materiálů na spektrálním analyzátoru
- vnitřní kvality rentgenem
- rozměrů na 3D měřicích strojích
- mechanických vlastností pomocí tvrdoměrů a zkoušek pevnosti
- vnitřní kvality a mikrostruktury pomocí metalografických výbrusů

Kromě tlakových licích strojů a obráběcích strojů v obrobě je slévárna dále vybavena:

- Ostřihovacími lisy
- Omílací linkou Rössler
- Otryskávacími zařízeními
- Pásovými bruskami
- Tavicími a vyrovnávacími pecemi od 350 kg do 12 000 kg

5.1 Popis odlitku

Pro zpracování této diplomové práce byl vybrán tlakově odlévaný odlitek slitiny AlSi9Cu3 pro automobilový průmysl 120 3710, tzv. Schaltdeckel (víko řadícího mechanismu), viz obr. 9. Zákazníkem pro tento odlitek je německá firma KOKI Technik. Chemické složení slitiny bylo určeno optickým spektrometrem LECO.

Chemické složení [%]						
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn
AlSi9Cu3	8,0 – 11,0	max. 1,2	2,0 – 3,5	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	max. 1,2
Odlitek 120 3710	9,90	0,79	2,4	0,21	0,23	0,7

Tab. 6: Chemické složení vybraného odlitku



Obr. 9: Víko řadícího mechanismu 120 3710

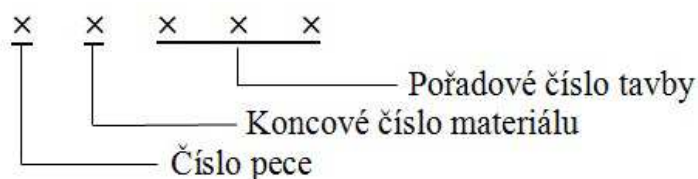
5.2 Tavení a odlévání

Pro tavení se využívá elektrických indukčních pecí. Kontinuální výroba v tavicích pecích SNFT/1000, eventuálně SNFA/2000:

Zůstatek v peci: $\approx 30\%$ taveniny známého chemického složení
(poslední analýza z předcházející tavby).

Druhování vsázky: a) vratný materiál dle DIN 1725/226 – max. 60%
b) hutní bloky dle NK 401, předslitiny a legury dle NK 401-3 – zbytek

Po nadruhování vsázky se ihned zahájí tavení. Po natavení následuje odběr informativního vzorku a označení pořadovým číslem pece, kontrola chem. analýza. Nevyhovuje-li vzorek předepsané specifikaci, provádí se úprava složení slitiny, analýza vzorku se musí opakovat dokud tavba nemá předepsané chemické složení. Stanovený teplotní interval pro rafinaci je $675 \div 750$ °C, před rafinací, po natavení plného objemu pece, provádí tavič měření teploty taveniny ponorným termočlánkem. Množství soli pro rafinaci je dle předpisu výrobce pro konkrétní typ použitého rafinačního prostředku a dle charakteru vsázeného materiálu 3÷5 kg / 1000 kg taveniny. Po rafinaci, před přelitím taveniny do udržovací pece provádí tavič odběr 1 vzorku pro spektrální analýzu, který označí 5místným číslem.



Nebyhovuje-li tavenina předepsané specifikaci, provádí se úprava složení slitiny a analýzu je nutné opakovat. Před přelitím taveniny do udržovací pece tavič provede měření teploty taveniny ponorným termočlánkem (interval teplot přehřátí pro přelévání do udržovací pece je $720 \div 750$ °C). Používají se udržovací pece NFAL 12t, popř. NFAL 6t.

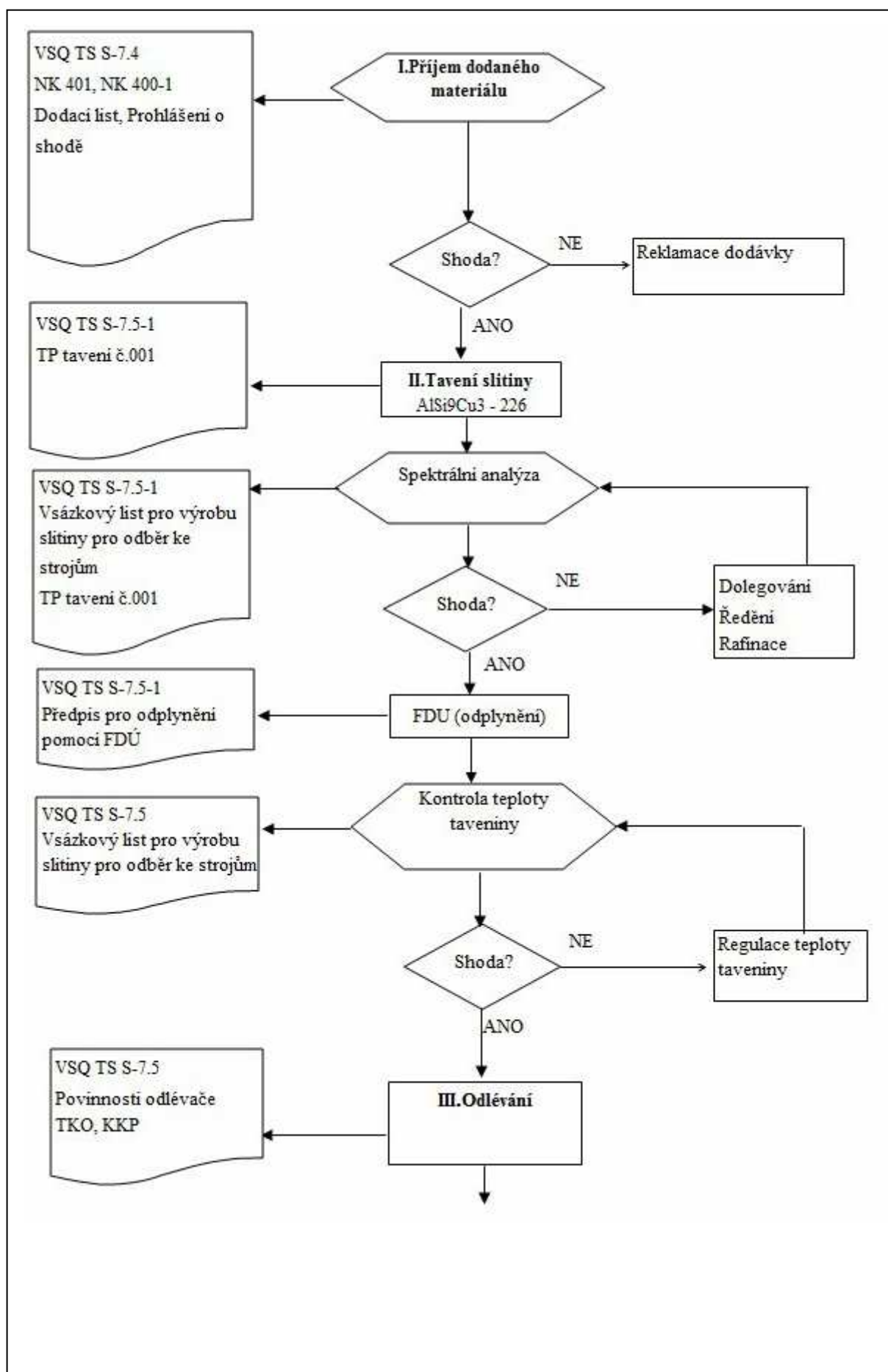
Archivace konečných výsledků spektrálních analýz slitiny použité pro výrobu odlitků:

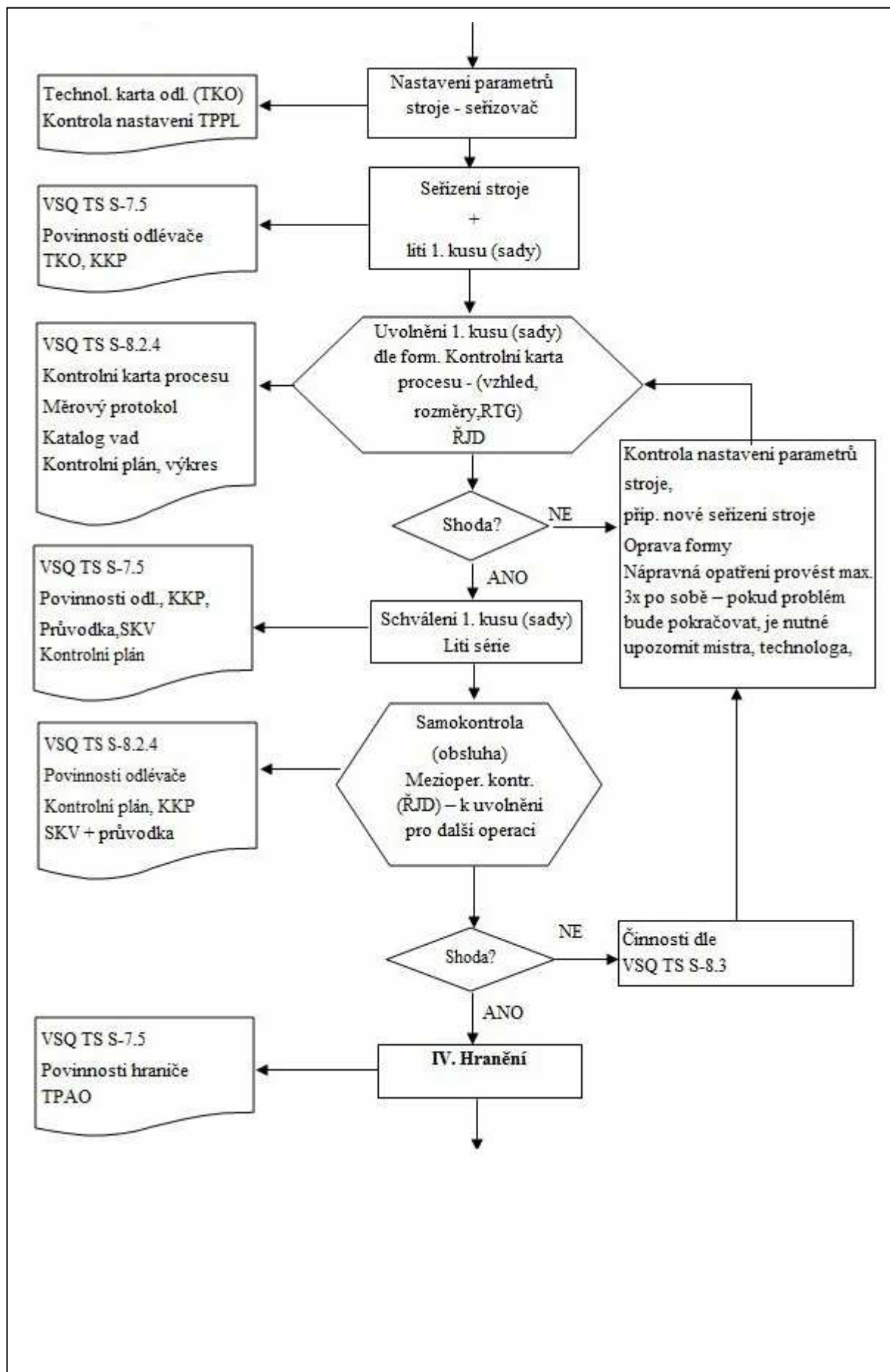
- odlitý vzorek fyzicky 1 měsíc,
- výsledek spektrální analýzy z paměti PC kvantometru se po 1 měsíci vypálí na CD a archivuje 5 roků, nepožaduje-li zákazník delší dobu archivace

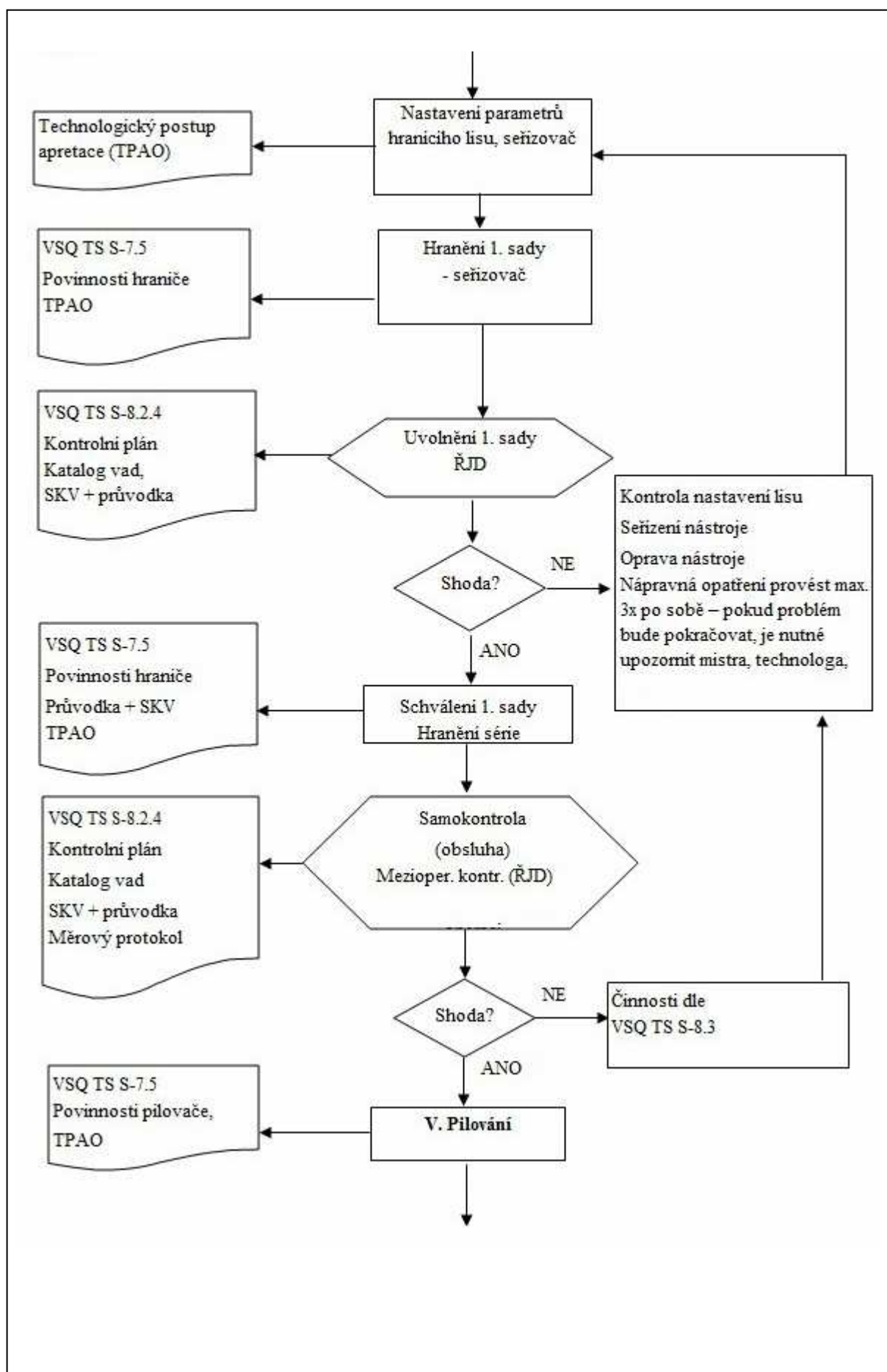
Odlévání výrobku se provádí vysokotlakým vstřikováním slitiny do formy. Parametry licího stroje B - 400 / 24 i parametry náhradního licího stroje B - 400 / 25 jsou uloženy v paměti počítače. Po ztuhnutí se odlitek vytlačí z formy pomocí vyhazovačů, před dalším odlitím se dutina formy nastříká separačním prostředkem. Pracovní cyklus operace odlévání trvá 41 ± 5 sekund.

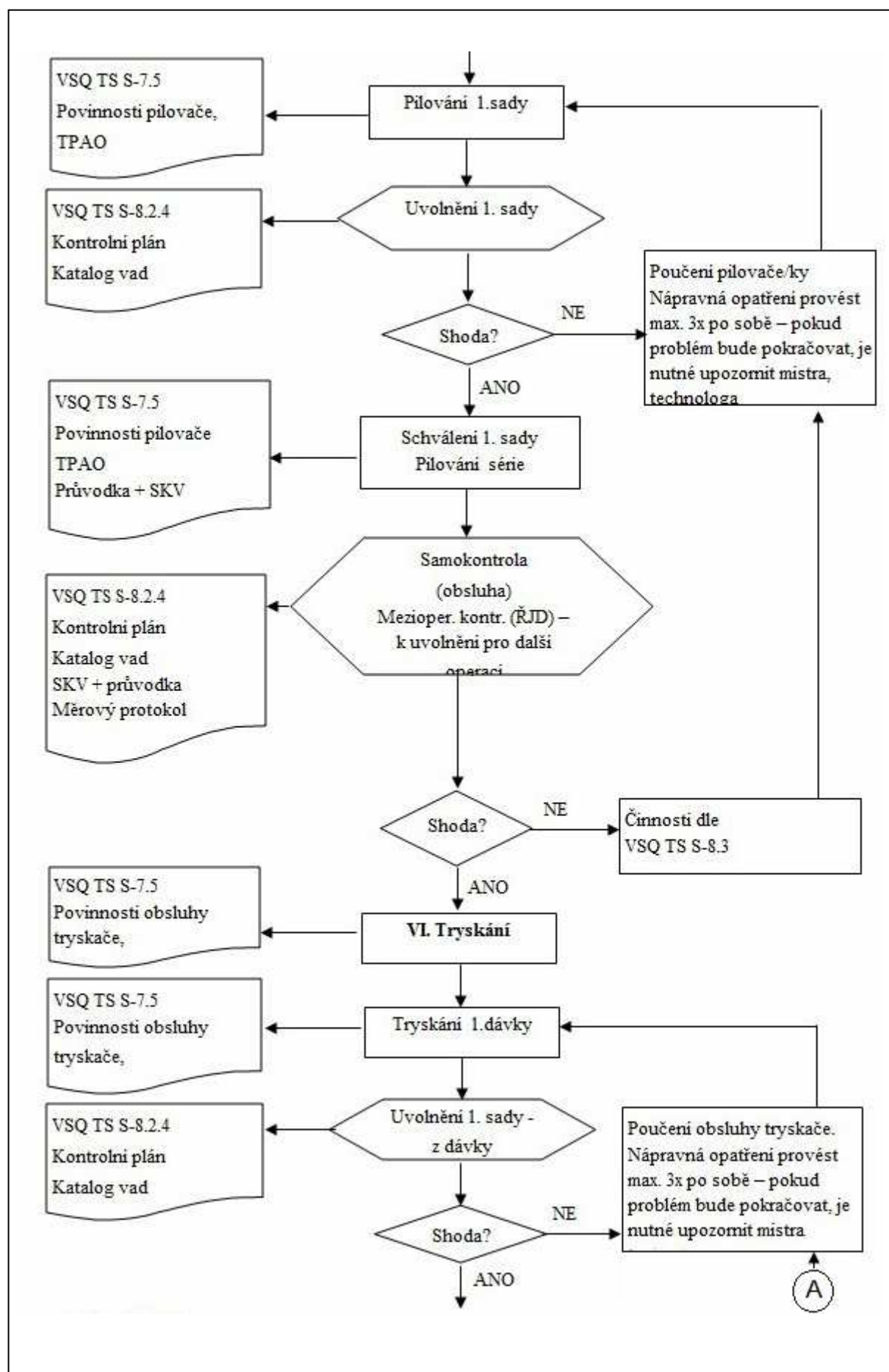
6. VÝVOJOVÝ DIAGRAM SÉRIOVÉ VÝROBY ODLITKU 120 3710

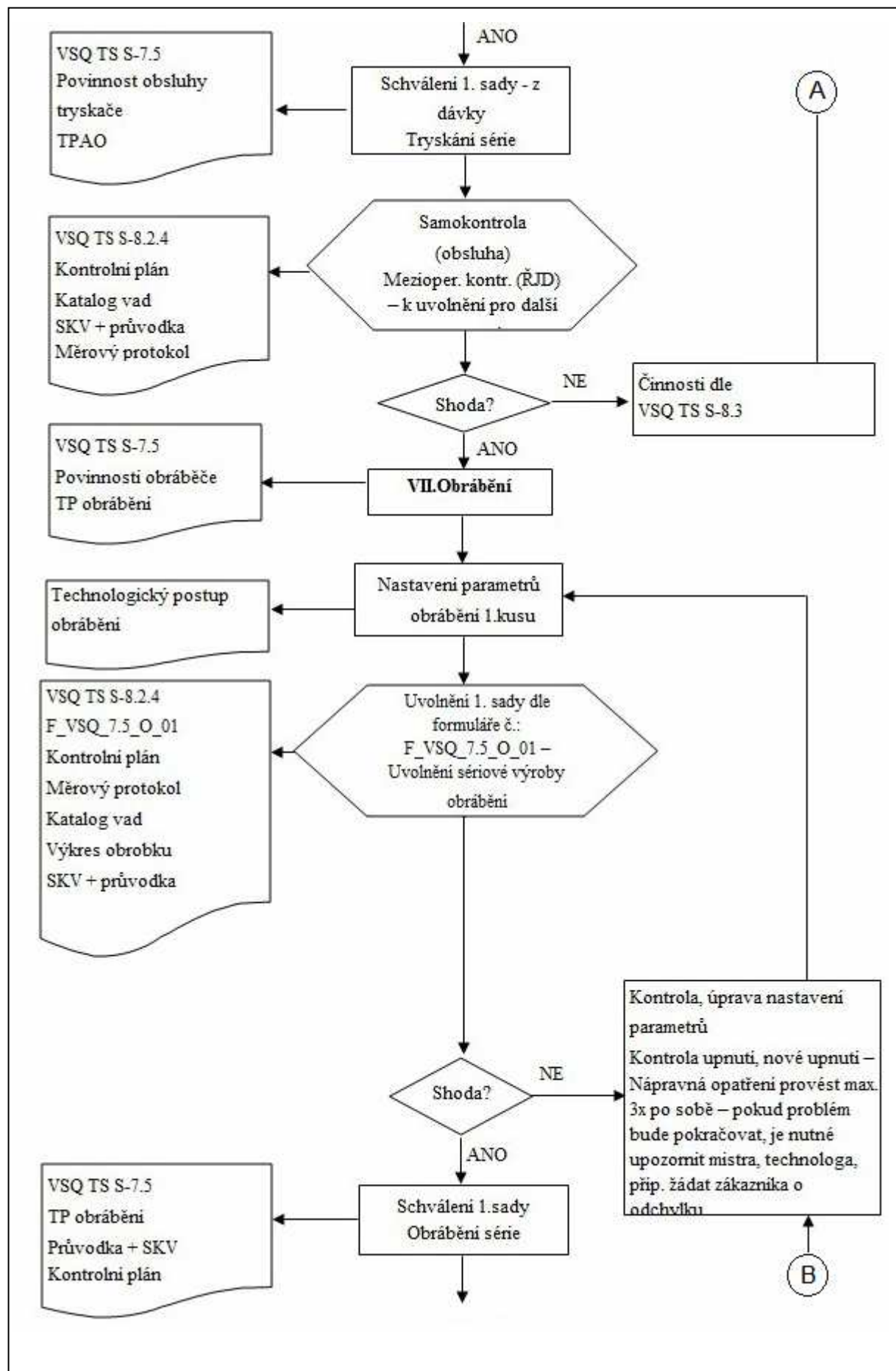
Vývojové diagramy, jako jeden ze sedmi jednoduchých nástrojů jakosti, se používají ke znázornění průběhu a struktury velmi složitých procesů, jejichž slovní popis by byl velmi zdlouhavý a nepřehledný. Jelikož pro díly do automobilového průmyslu je vývojový diagram potřebný, musel být vývojový diagram sestaven i pro náš odlitek víka řadícího mechanismu 120 3710. Vývojový diagram pro tento odlitek byl ve slévárně Kovolit a.s sestaven na oddělení technické přípravy výroby.

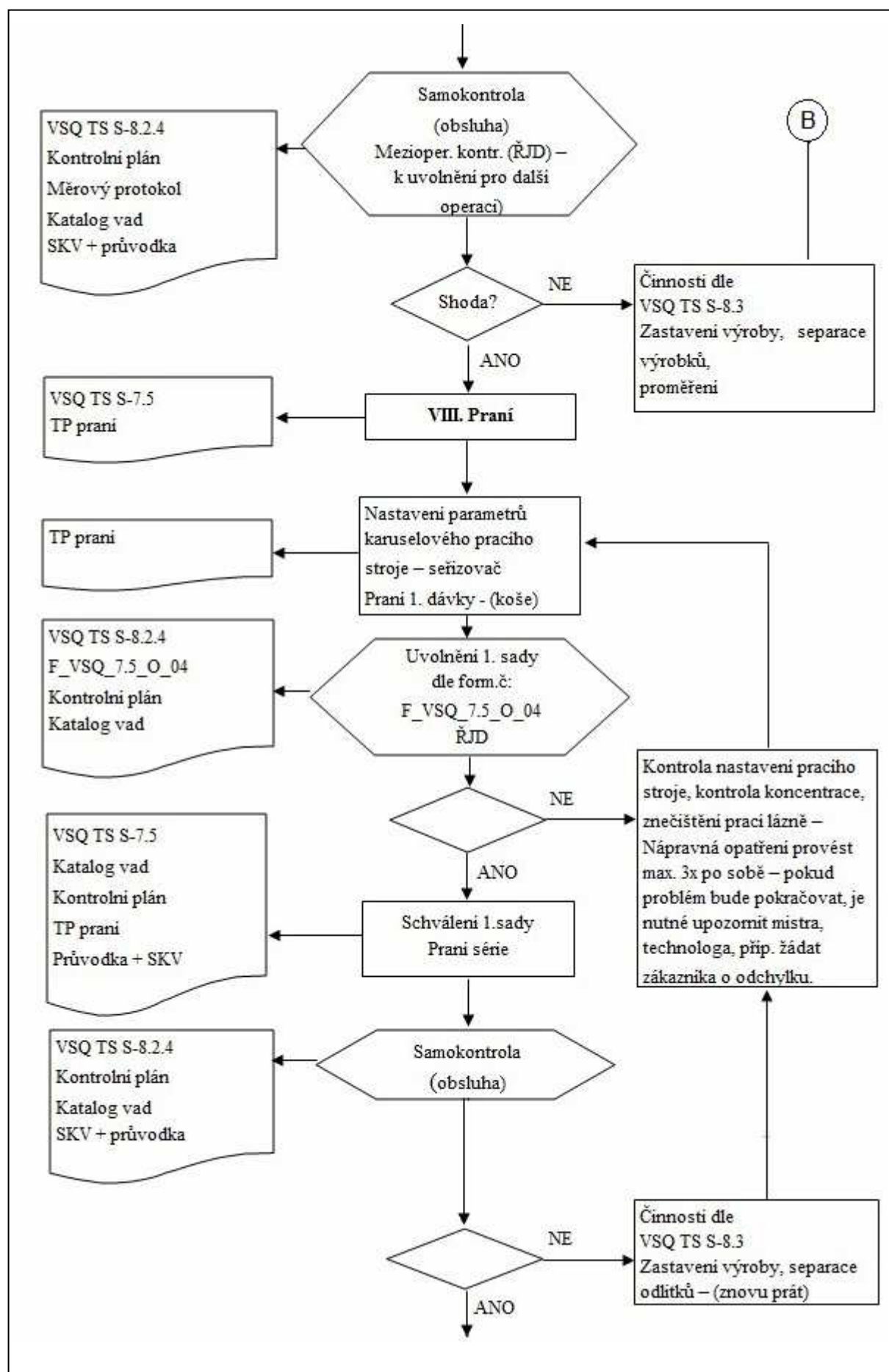


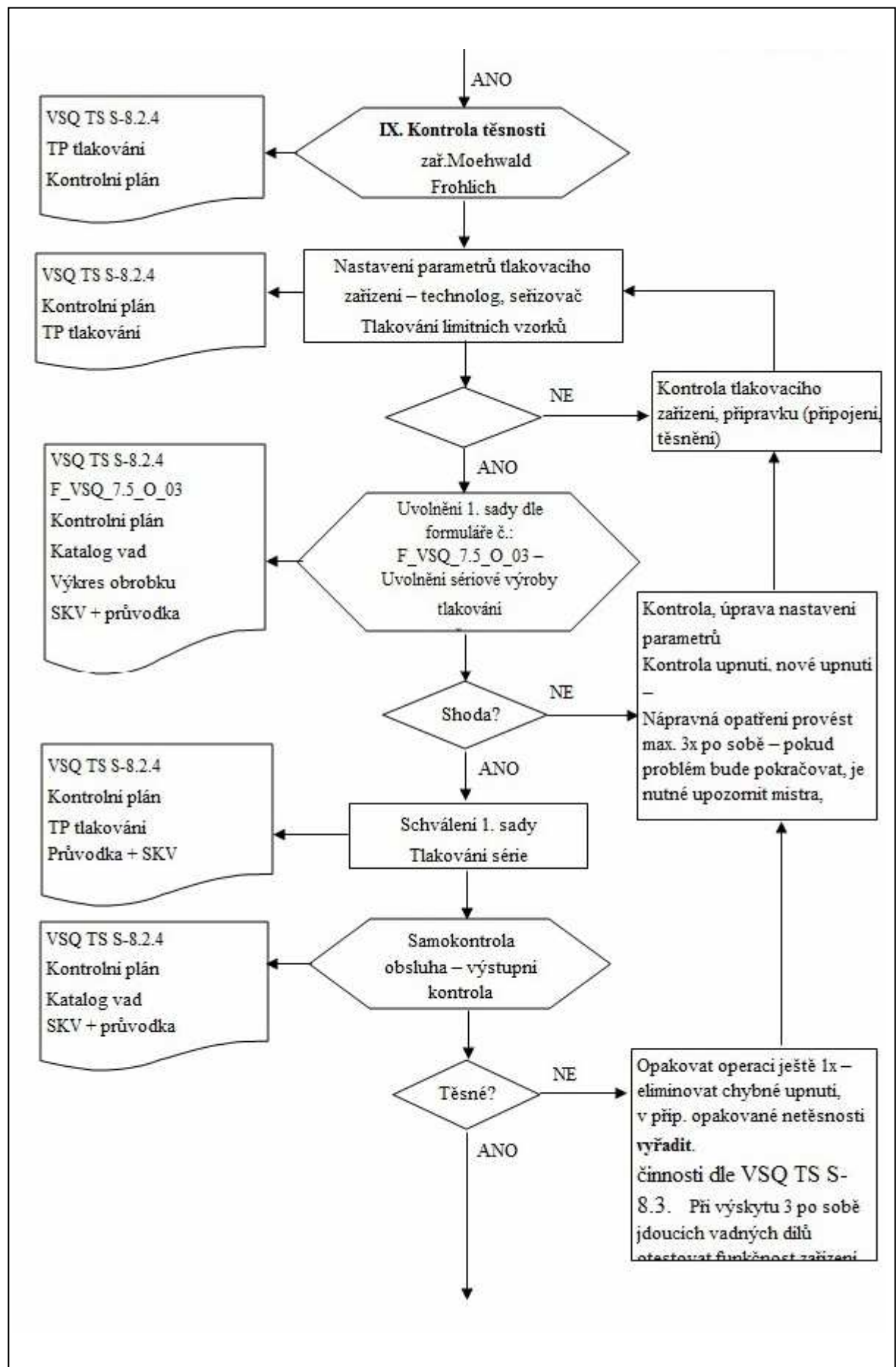


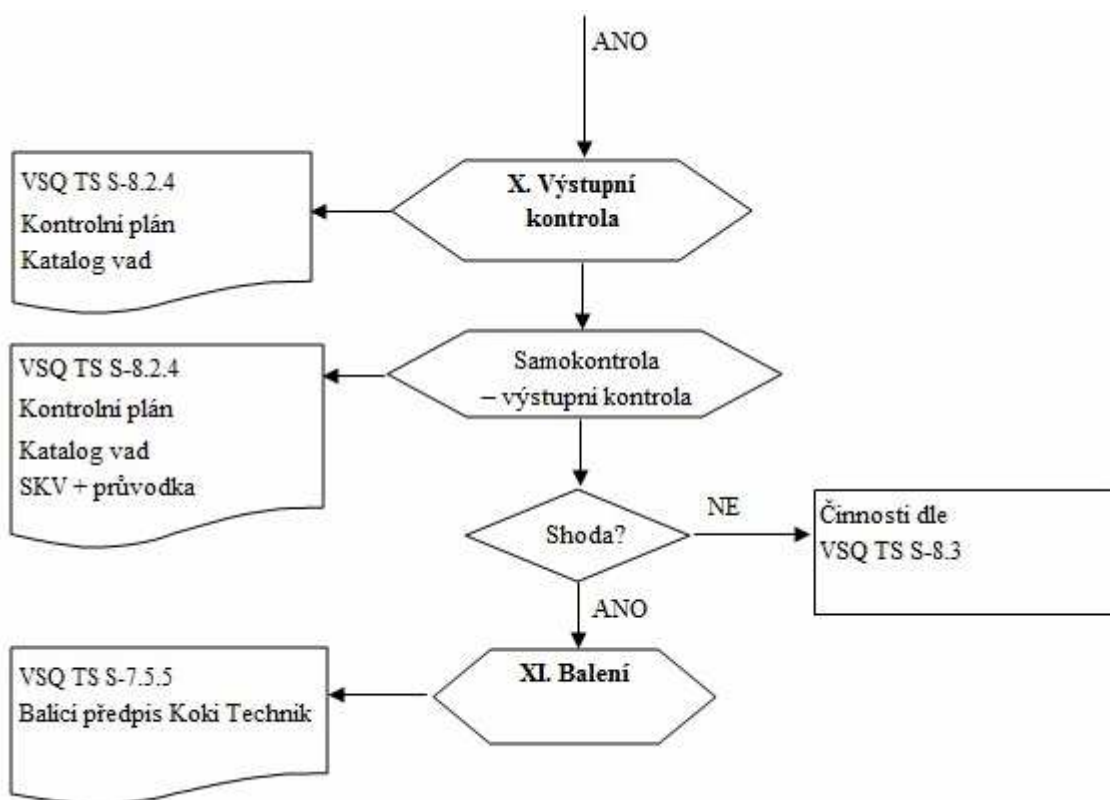












Poznámky:

VSQ TS S-7.5	„Proces výroby ve slévárně“
VSQ TS S-7.5-1	„Příprava AL-slitin v divizi slévárna“
VSQ TS S-7.4	„Nakupování“
VSQ TS S-8.2.4	„ Monitorování a měření výrobků“
VSQ TS S 8.3	„ Řízení neshodného výrobku“
VSQ TS 8.2.2	„ Interní audit“

Normy:

NK 400-1	„Specifikace materiálů nakupovaných v REMET spol. s r.o.“
NK 401	„Požadavek na nákup slitin“
NK 401-1	„Chemické složení vyráběných slitin“

Výše uvedené dokumenty nejsou k dispozici v tištěné podobě, jsou uloženy v elektronické podobě na vnitřní síti ve slévárně Kovolit a.s. V případě potřeby může pracovník nahlédnout do těchto dokumentů u počítačové stanice.

7. DEFEKTY ODLITKŮ LITÝCH POD TLAKEM

Nedílnou součástí slévárenství jsou vady odlitků. Základem úspěchu ve snižování neshodných výrobků je vadám v odlitcích předcházet a vytipovaná místa, kde by se mohly potenciální vady vyskytnout, technologicky ošetřit takovým způsobem, aby ke vzniku vad nedošlo. Proces tlakového lití je charakteristický vadami, které ho doprovází. [14]

Chyby vzhledu:

- rozměrové odchylky
- tvorba výronku
- neúplné vyplnění formy
- zborcení

Vnitřní chyby:

- porezita
- vměstky
- staženiny

Povrchové chyby:

- povrchové bubliny
- místa studeného toku
- znaky vyhazovačů
- povrchové staženiny [11]

7.1 Nejčastější vady dílu 120 3710

Analýzou možných vad a jejich důsledků se zabývá metoda FMEA uvedená v kapitole 8. Ve formuláři FMEA je uveden projev, důsledek i možná příčina uvažované vady. Nejčastěji se vyskytujícími vadami na odlitku víka řadícího mechanismu jsou:

- povrchová porezita, především v díře Ø17,1 ve středu odlitku (obr.23) a také na spodní dosedací ploše odlitku
- rozměrové odchylky, dané především velmi úzkou tolerancí rozměrů
- tvrdé vměstky, které zvyšují především opotřebení nástrojů
- nedolití materiálu při odlévání - zmetek

7.2 Zkoušky prováděné pro odlitek 120 3710

- pro rozbor chemického složení se odebere každou tavbu jeden vzorek z tavicí pece před odvozem, dále se odebírá jeden vzorek z udržovací pece pro rozbor chemického složení a to jedenkrát za směnu
- jedenkrát za hodinu se odebírá jedna sada odlitků na rentgenovou zkoušku, kde se zjišťují především vnitřní vady odlitku
- jedenkrát za směnu se odebere 1 sada odlitků a provádí se kontrola rozměrů 3D souřadnicovým měřícím strojem Mitutoyo Cysta-Apex C574

8. FMEA PROCESU VÝROBY ODLITKU 120 3710

Metoda FMEA se používá jako preventivní nástroj, viz. kapitola 4.1.2 Jedná se o analýzu možných vad a jejich důsledků s cílem snížení (zabránění) vzniku možných vad na vybraném odlitek víka řadícího mechanismu 120 3710. Ve slévárně Kovolit a.s. je metoda řízení jakosti FMEA běžně užívanou metodou, zvláště pro díly určené do automobilového průmyslu. Řešitelský tým FMEA pro tento odlitek byl sestaven z pracovníků technické přípravy výroby, oddělení řízení jakosti a vedoucí výroby. Z vypracovaného formuláře FMEA je patrné, že největší pozornost se musí věnovat při obrábění vnitřního průměru ($\varnothing 20$) pravé a levé díry odlitku, zejména pak kontrole správnosti upnutí obráběcího nástroje. Tato operace má největší hodnotu ukazatele priority rizika UPR.

		FME A Procesu		Číslo dílu: 3710	Číslo výkr. zákazníka / index změny: 02T.301.232.F / 7	
				Název odlitku: Schaltdeckel	Číslo výkr.odlitku / index změny: 3710 / b	
Zákazník:	KOKI	Řešitelský tým:				
Operace	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Možná příčina/ mechanismy vady	Výskyt	Výsledky opatření	
					Opatření splněno	Závaz. Výskyt. Odhailt.
I. Příjem dodaného materiálu	Záměna	nedoběhnutí při odlévání	Špatná identifikace	1	chemický rozbor	
		odlišné mech. vlastnosti odlitku				
II. Tavení	Přepálený materiál	Křehký odl.-praská nezabíhá, lepi se, zalamuje se	Vadný pyrometr	2	Kal. pyrometru	
		vyšší opotř.řezu	Nedodržení TP při tavení		Dodržení TP tavení	
		vyšší pracnost při PÚ				
	Nedohřátý materiál	Lepi při lití, nezabíhá	Vadný pyrometr	2	Kalibrace pyrometru	
			Nedodržení TP tavení		Dodržení TP tav.	
	Nedodržení chemického složení	Odlitek praská, nedolítí, lepi	Nedodržení prac. postupu	3	Chem.složení	
		Vyšší opotřebení nástrojů	Špatné nastavení kvantometru	2	Nastavení kvantometru	
	Tvrdé vměstky	Vyšší opotřebení nástrojů	Nedodržení TP tav. (teplota, rafinace)	2	Dodržení TP tavení	
Zpracoval:		Datum:	Podpis:	Schválil:	Datum:	Podpis:
Rozdělovník:			Ev.č.kopie:	St.revize: 20	Originál uložen:	Strana 1 ze 7

Operace	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Klasifikace	Možná příčinná mechanismy vady	Výskyt	Stávající řízení procesu		Odhaditelnost	Doporučená opatření	Odpovídá & termín splnění	Výsledky opatření			
							Prevence	Odhaltování				Opatření	Závaz.	Výskyt	Odhaltit.
II. Tavení	Naplynění	Výšší porezita	6		Nedodržení předpisu pro FDU	3	Předpis pro měření a výpočet naplynění		3	54					
							Kontr. proc. param.		3	84					
III. Odlévání	Nedolití	Zmetek	7		Nastavení stroje, (nehodná dráha plátu)	4	Dodržení proces. parametrů		3	84					
							Dodrž. a kontrola procesních par.		3	63					
					Nízká teplota formy	3	Vzdušný kontr. proc.		3	84					
							Ostřík formy		3	84					
	Porezita	Netěsnost (zmetek)	7		Nastavení stroje (parametry lisování)	4	Dodržení proces. parametrů	RTG, Kontrola parametrů	3	84					
							Ostřík formy	Kontrola procesu dle předpisu	3	84					
					Velký přísavak na otváření	3	Viz. kontrola formy		3						
							Netěsnost formy	Rozměrová kontrola odlitku, příp. laser	3	84					
	Deformace	Zahranění, zalomení - nelze opravit	7		Čas tuhnutí	2	Dodr. proces.par.	Rozměrová kontrola odlitku	5	70					
							Deformace části formy	Rozměrová kontrola odlitku	5	70					
		Rozměrová vada			Ostřík formy	3	Kontrola procesu dle předpisu	Kontrola formy	3	63					
							Špatně namazané jádro (ostřík formy)	Kontrola procesu dle předpisu + Viz. kontrola odlitku (dvojí)	3	63					
	Zadřininy po jádrech	Neobtížené místo (zmetek)	7		Vadná část formy	3	Wollinu	Výrobku - rozměry (směnová kontrola)	5	90					
							Neočištěná dělicí rovina	Kontrola tl. Otřepů	5	90					

Operace	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Klasifikace	Možná příčiny/ mechanismy vady	Výskyt	Stávající řízení procesu		Odhaditelnost	Ukazatel priority nízka - vysoká	Doporučená opatření	Odpovídá & termín splnění	Výsledky opatření			
							Prevence	Odhalování					Opatření	Závaž.	Výskyt	Odhalt.
III. Odliívání																
	Zalití ořepů	Zmetek	7		Vznik ořepu v DR	2	Vizuální kontrola stavu formy	Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	98						
					(nedolícované vložky)											
	Stopy po mazadle	Vzhledová vada	6		Nevhodné dávkování mazadla (trysky)	2	Kontrola funkce Wollinu	Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	84						
					Nevhodné ředění	3	Kontrola koncentrace	Kontrola koncentrace	3	54						
	Stopy po prasklé formě	Vícepráce (zvýš. náklady)	6		Poškozená forma	2		Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	84						
					Forma po životnosti											
IV. Hranění																
	Zalomení u vřoku	Zmetek	7		Tupý ON	2	Kontrola řezných hran	Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	98						
					Špatné založení do ON	2	Viz. kontrola ON, očištění	Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	98						
					Vyšlehaný vtok	2	Kontrola tl. nařznutí	Kontrola tl. nařznutí viz. nařznutí	7	98						
	Zahranění	Zmetek	7		Tupý ON	2	Kontrola řezných hran	Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	98						
					Špatné založení do ON	2	Viz. kontrola ON, očištění	Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	98						
	Deformace	Zmetek	7		Špatné založení	2	Viz. kontrola ON, očištění	Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	98						
					do ON											
					Tupý ON	2	Kontrola řezných hran	Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	98						
	Vylamování otvorů	Zmetek	7		Tupý razník	2	Kontrola řezné hrany razníku	Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	98						
	Neprostitžení otvoru	oprava-vícepráce	5		Uložený razník	2	Kontrola ON	Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	70						
	Potlučení vadí		6		Neopatrné skládání odlitků po hranění	2	Opatrná manipulace s odlitkem	Viz. kontrola odlitku (dvoř)	7	84						

Operace	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Klasifikace	Možná příčiny/ mechanismy vady	Výskyt	Stávající řízení procesu		Odhaditelnost	Ukazatel - priorita rizika	Doporučená opatření	Odpovídá & termín splnění	Výsledky opatření			
							Prevence	Odhlašování					Opatření	Závaz.	Výskyt	Odhadit
V. Pilování	Zapilování	Zmetek	6		Nepouč. obsluha	2	Poučení obsluhy	Viz kontrola odlišku (dvoř)	7	84						
					Nedbalost obsluhy	2	Poučení obsluhy	Viz kontrola odlišku (dvoř)	7	84						
	Nedopilování	Oprava-vícepráce	5		Nedbalost obsluhy	2	Poučení obsluhy	Viz kontrola odlišku (dvoř)	7	70						
	Potlučení	vadí	6		Neopatrné skládání	2	Opatrná manipulace s	Viz kontrola odlišku (dvoř)	7	84						
VI. Tryskání	Nedostatečně otryskané	Oprava-vícepráce	5		Nedodržení čas	2	Kontrola parametrů procesu	Viz kontrola odlišku (dvoř)	7	70						
	Přetryskané	Zmetek	7		Opořeb. médium, nedostatek média	2		Viz kontrola odlišku (dvoř)	7	70						
					Nedodržení čas	2	Kontrola par. procesu	Viz kontrola odlišku (dvoř)	7	98						
VII. Obrábění	Vnitřní	Menší- oprava	6	<SC>	Špatný nástroj	2	Kontrola nástř.	RK na 80% tolerance	6	72						
	Ø17,1 +0,015	vícepráce			Chybné upnutí	2	Kontrola správnosti upnutí na 3D měř. Stroj	Kontrola 1. kusu na 3D měř. Stroj	3	36						
		Větší - zmetek	7	<SC>	Špatný nástroj	2	Kontrola nástř.	RK na 80% tolerance	6	84						
					Chybné upnutí	2	Kontrola správnosti upnutí na 3D měř. Stroj	Kontrola 1. kusu na 3D měř. Stroj	3	42						
	Vnější	Větší- oprava	6	<SC>	Špatný nástroj	2	Kontrola nástř.	RK na 80% tolerance	6	72	kalibr					
	Ø57- 0,010-0,025	vícepráce			Chybné progr. zadání	2	Kontrola správnosti	Kontrola 1. kusu na 3D měř. Stroj	3	36						
		Menší - zmetek	7	<SC>	Špatný nástroj	2	Kontrola nástř.	RK na 80% tolerance	6	84						
					Chybné progr. zadání	2	Kontrola správnosti	Kontrola 1. kusu na 3D měř. Stroj	3	42						
	Vnitřní	Menší- oprava	6	<SC>	Špatný nástroj	2	Kontrola nástř.	RK na 80% tolerance	6	72						
	Ø20 -0,059-0,072	vícepráce			Chybné upnutí	2	Kontrola správnosti upnutí	RK na 80% tolerance	6	72						
		Větší - zmetek	7	<SC>	Špatný nástroj	2	Kontrola nástř.	RK na 80% tolerance	6	84						
					Chybné upnutí	2	Kontrola správnosti upnutí	RK na 80% tolerance	6	84						
		Ovalný - zmetek	7	<SC>	Chybné upnutí	5	Kontrola správnosti upnutí	RK na 80% tolerance	6	210	Značení patet s novým	Jonáš, 23.5.11	splněno, 23.5.11	7	1	2 14
											Dozor zkuš.prac.	Jonáš, 22.5.11	splněno, 22.5.11			
											Prover detekce chybného up.	Sehnal, 30.7.11	splněno 14.7.11	7	2	6 84

Operace	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Klasifikace	Možná příčiny/ mechanismy vady	Výskyt	Stávající řízení procesu		Odhaditelnost Ukazatel priority rizika - LPR	Doporučená opatření	Odpovídá & termín splnění	Výsledky opatření				
							Prevence	Odhaltování				Opatření	Závaž.	Výskyt	Odhaltit.	
VII. Obrábění	Vnitřní	Menší - oprava	6	<SC>	Špatný nástroj	2	Kontrola nástr.	RK na 80% tolerance, 100%kalibr	5	60					UPR	
	ø12,02 ±0,05	vícepráce			Chybné upnutí	2	Kontrola správnosti upnutí	RK na 80% tolerance, 100%kalibr	5	60						
		Větší - zmetek	7	<SC>	Špatný nástroj	2	Kontrola nástr.	RK na 80% tolerance, 100%kalibr	5	70						
					Chybné upnutí	2	Kontrola správnosti upnutí	RK na 80% tolerance, 100%kalibr	5	70						
	Vnitřní	Menší - oprava	6	<SC>	Špatný nástroj	2	Kontrola nástr.	RK na 80% tolerance	6	72						
	ø15,5 ±0,03	vícepráce			Chybné upnutí	2	Kontrola správnosti upnutí	RK na 80% tolerance	6	72						
		Větší - zmetek	7	<SC>	Špatný nástroj	2	Kontrola nástr.	RK na 80% tolerance	6	84						
					Chybné upnutí	2	Kontrola správnosti upnutí	RK na 80% tolerance	6	84						
		Oválný - zmetek	7	<SC>	Chybné upnutí	4	Kontrola správnosti upnutí	RK na 80% tolerance	6	168	Proškolení obsluhy	Jonáš, 6.7.11	splněno, 6.7.11	7	1	2
		Délka	Zmetek	7	<SC>	Chybné upnutí	2	Kontrola nástr.	RK na 80% tolerance	6	84					
	40 ±0,2				Chybné progr. zadání	2	Kontrola správnosti	Kontrola 1. kusu na 3D měř. Stroji	3	42						
	Výška	Zmetek	7	<SC>	Chybné upnutí	2	Kontrola nástr.	RK na 80% tolerance	6	84	Stabilní osádka na pracovišti	Jonáš, 6.7.11	splněno, 6.7.11			
	79 ±0,15±0,15				Chybné progr. zadání	2	Kontrola správnosti	Kontrola 1. kusu na 3D měř. Stroji	3	42	Prověř celkové chybného up.	Sehnal, 30.7.11	splněno 14.7.11 (viz komentář)	7	2	6
	Poloha	Zmetek	7	<SC>	Chybné upnutí	2	Kontrola nástr.	RK na 80% tolerance	6	84						
0,1 ABC ø20 ±1				Chybné progr. zadání	2	Kontrola správnosti	Kontrola 1. kusu na 3D měř. Stroji	3	42							
Poloha	Zmetek	7	<SC>	Chybné upnutí	2	Kontrola nástr.	RK na 80% tolerance	6	84							
0,1 AB ø20 ±1				Chybné progr. zadání	2	Kontrola správnosti	Kontrola 1. kusu na 3D měř. Stroji	3	42							

[illegible]

Operace	Projev možné vady	Možný důsledek vady	Závažnost	Klasifikace	Možná příčiny/ mechanizmy vady		Výskyt	Stávající řízení procesu		Odhaltitelnost Ukazatel priority rizika - UPR	Doporučená opatření		Výsledky opatření			
					Prevence	Odhaltování		Preventivní opatření	termín splnění		Opatření splněno	Závaz.	Výskyt	Odhaltit	UPR	
VIII. Praní	Mastný povrch, mapy	Oprava-vícepráce	4		Vysoká koncentrace prací emulze		2		Viz kontrola obrobku (dvojit)	7	56					
					Špatné osušení obrobku		2		Viz kontrola obrobku (dvojit)	7	56					
					Nevypraný kus		3		Správný tok sortimentu	7	84					
IX. Kontrola těsnosti	Netěsné	Zmetek	7		Vadné upnutí		3		Poučení obsluhy	2	42					
					Vadné těsnění, zapojení, program		3		Kontrola tlakovacího přípravku, programu	2	42					
X. Výst. kontrola	Přehlédnutí vady	zmetek	7		Únava ze stereotypní činnosti		2		Změna kontrolovaného sortimentu	8	112					
					Nedbalost		2		Správný tok kontrolovaného sortimentu (rozvržení pracoviště)	8	112					
XI. Balení	Nesprávný počet v paletě	nesrovnalost v počtech VDK a Exp.	6		nedodržení balících předpisu		2		samokontrola	8	96					
 FMEA Procesu																
Číslo dílu: 3710											Číslo výkr. zákazníka / index změny: 02T.301.232.F / 7					
Název odlitku: Schaltdeckel											Číslo výkr.odlitku / index změny: 3710 / b					
Zákazník	KOKI	Řešitelský tým:				p. Lukl (ved.TPV), Ing.Kolmačka (TPV), p. Malý (ŘJD), p. Pospíšil (VV)										

9. STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ SC ZNAKŮ PRO ODLITEK VÍKA ŘADÍCÍHO MECHANISMU 120 3710

SC (Special Characteristic) - Znak vyžadující zvláštní pozornost. Jedná se jedenáct SC znaků, které si pro rozměrovou kontrolu stanovil sám zákazník, u těchto SC znaků požaduje zákazník prokázání způsobilosti (index způsobilosti).

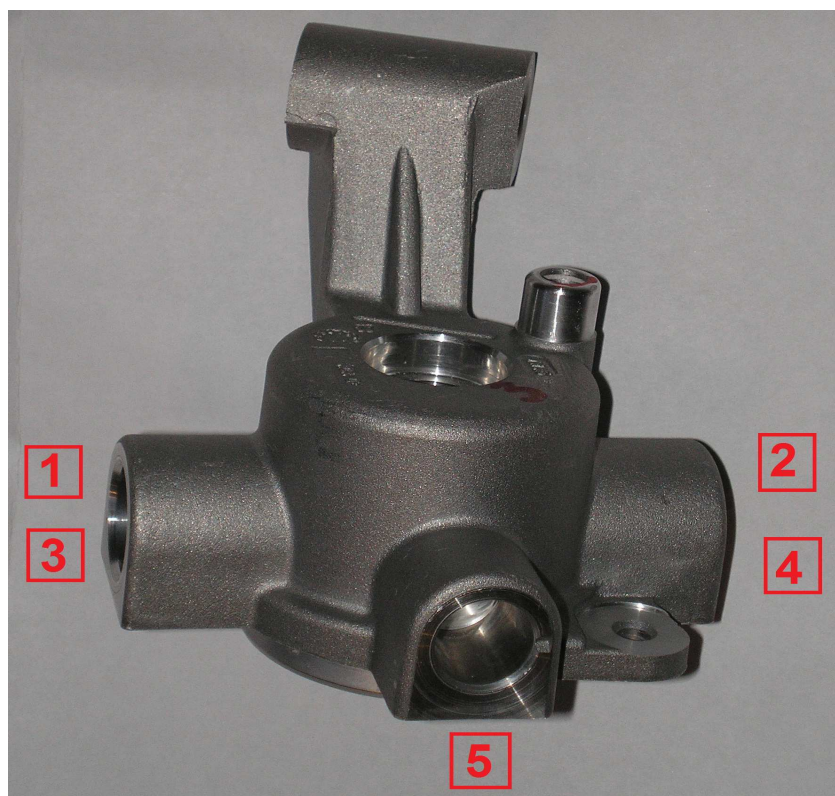
9.1 Úvod

Měření proběhlo na CNC souřadnicovém měřícím stroji Mitutoyo Crysta-Apex C 574. Rozsah měření X : Y : Z [mm] tohoto stroje je 505:705:405. Délková odchylka měření $MPE_E = (1,7 + 0,3L/100)$ [μm].

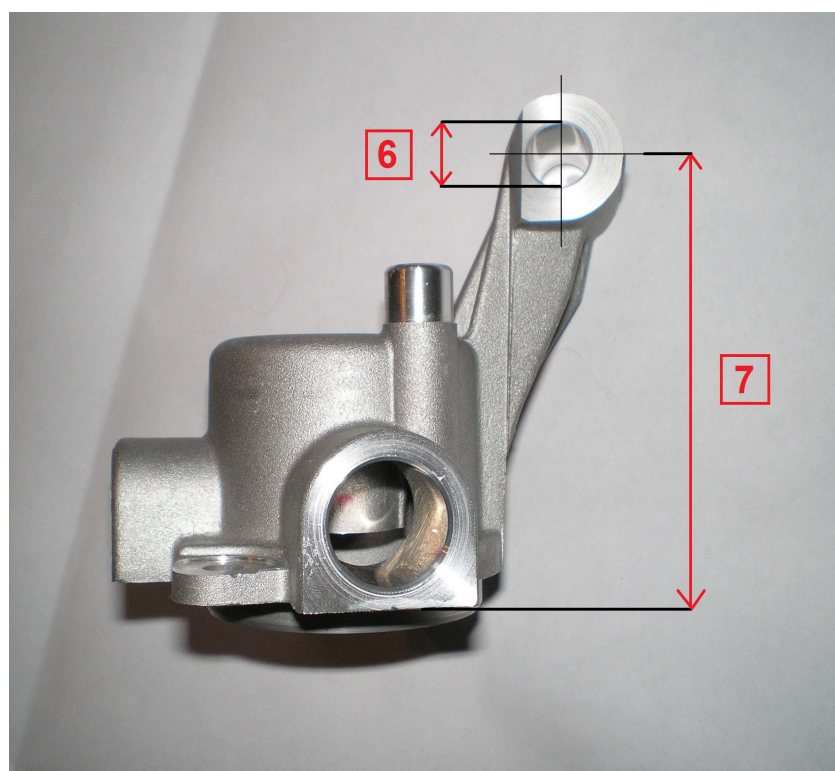
Pro zkoušku rozměrové přesnosti na měřícím stroji Mitutoyo a následné statistické zpracování naměřených hodnot bylo vybráno 79 kusů odlitků víka řadícího mechanismu 120 3710. Na každém z nich byla provedena kontrola 11 rozměrů (SC znaků), které určil zákazník, u těchto znaků zákazník požaduje prokazováním způsobilosti $cp_k \geq 1,33$. Parametry měření byly zaznamenávány počítačem na zmíněném měřícím stroji a statistické hodnocení těchto parametrů bylo provedeno za pomoci statistického softwaru STATPAK v3.1 z řady MCOSMOS, vyvinutým firmou Mitutoyo.

Hodnocené SC znaky zaznamenané počítačem:

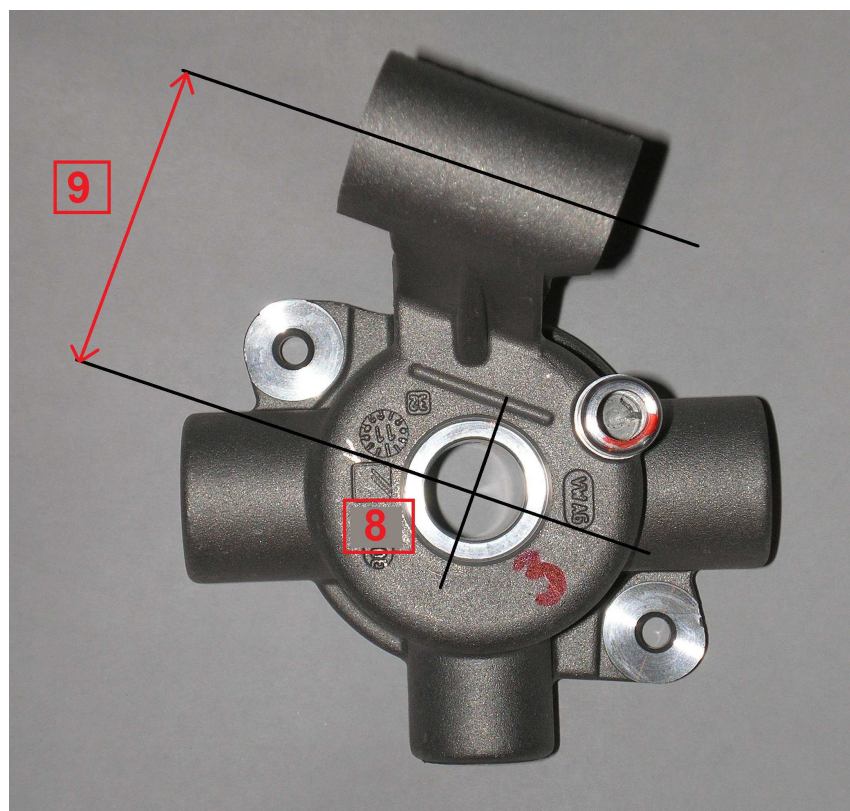
- (1) Vnitřní průměr levé díry (viz. obr. 10)
- (2) Vnitřní průměr pravé díry (viz. obr. 10)
- (3) Umístění polohy levé díry (viz. obr. 10)
- (4) Umístění polohy pravé díry (viz. obr. 10)
- (5) Vnitřní průměr přední díry (viz. obr. 10)
- (6) Vnitřní průměr díry vršku páky (viz. obr. 11)
- (7) Délkový rozměr osa vnitřní díry páky – spodní hrana odlitku (viz. obr. 11)
- (8) Umístění soustřednosti a souososti střední díry odlitku (viz. obr. 12)
- (9) Vzdálenost os střední díry odlitku – vnitřní díra vršku páky (viz. obr. 12)
- (10) Vnitřní průměr střední díry odlitku (viz. obr. 13)
- (11) Umístění polohy malé zadní díry (viz. obr. 13)



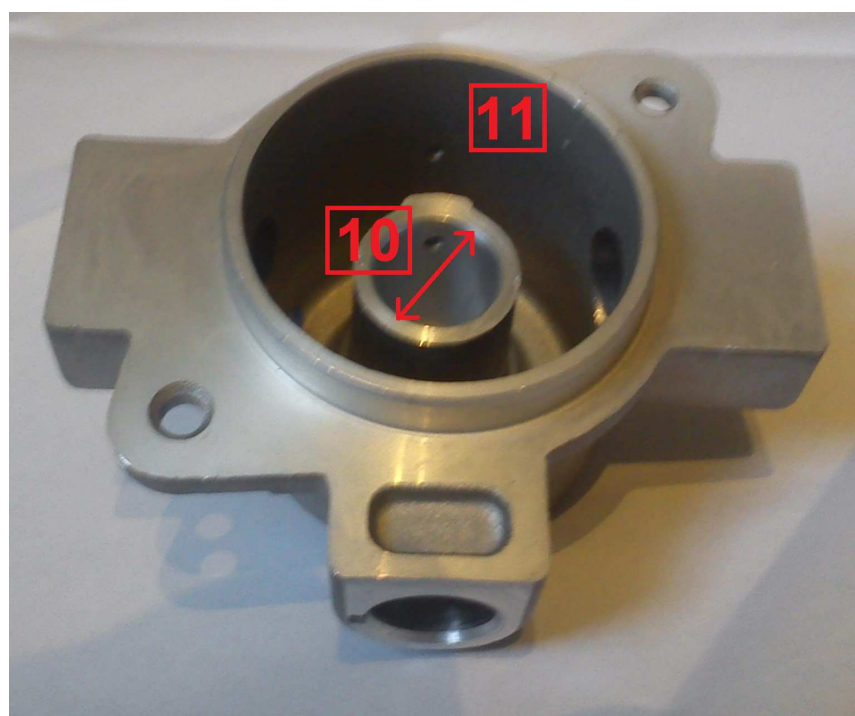
Obr. 10: Znázornění sledovaných SC znaků



Obr. 11: Znázornění sledovaných SC znaků



Obr. 12: Znázornění sledovaných SC znaků



Obr. 13: Znázornění sledovaných SC znaků

9.2 Regulační diagramy

Program STATPAK umožňuje vypočítání parametrů potřebné pro konstrukci regulačního diagramu, samotné vyobrazení daného diagramu a zobrazení základních statistických ukazatelů, jako je aritmetický průměr, minimum, maximum, rozptyl, směrodatná odchylka atd. Uvedené programem spočítané hodnoty se počítají podle vzorců a postupů uvedených v kapitole 4.1.1 teoretické části této práce. Pro vyhodnocení daných hodnot byl zvolen regulační diagram $\bar{X} - R$.

Program STATPAK používá pro některé parametry u regulačních diagramů jiné označení než bylo uvedeno v kapitole 4.1.1, jsou to například:

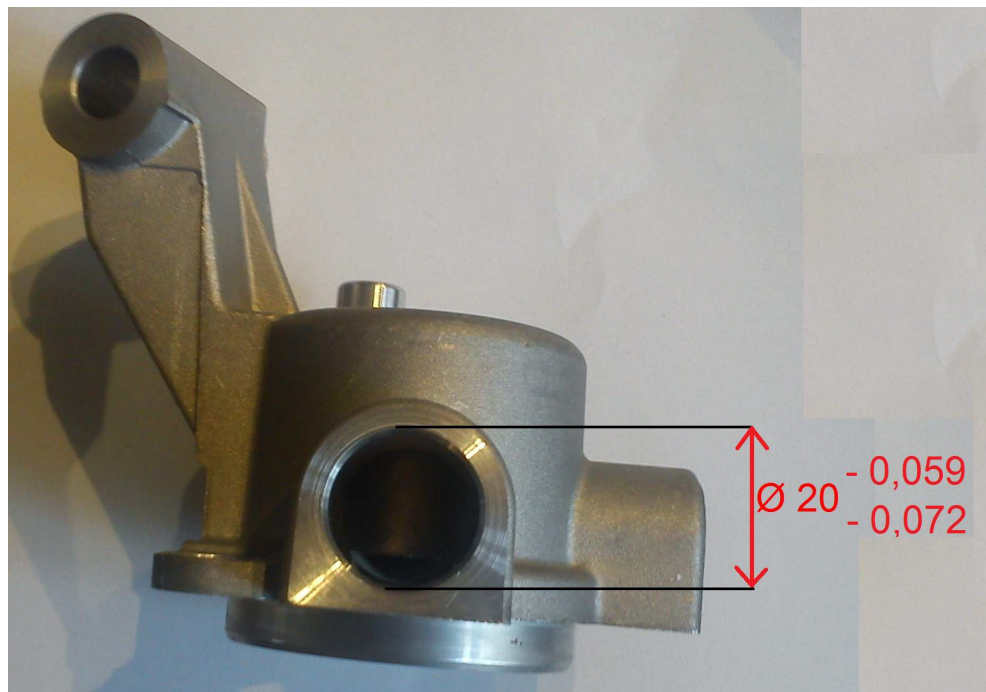
- HSH – Horní toleranční mez (USL)
- SSH – Dolní toleranční mez (LSL)
- HMZ – Horní regulační mez (UCL)
- DMZ – Dolní regulační mez (LCL)

9.3 Statistické vyhodnocení kontroly rozměru vnitřního průměru levé díry

Jmenovitý rozměr: 20,000 mm

Horní tolerance: -0,059 mm

Dolní tolerance: -0,072 mm



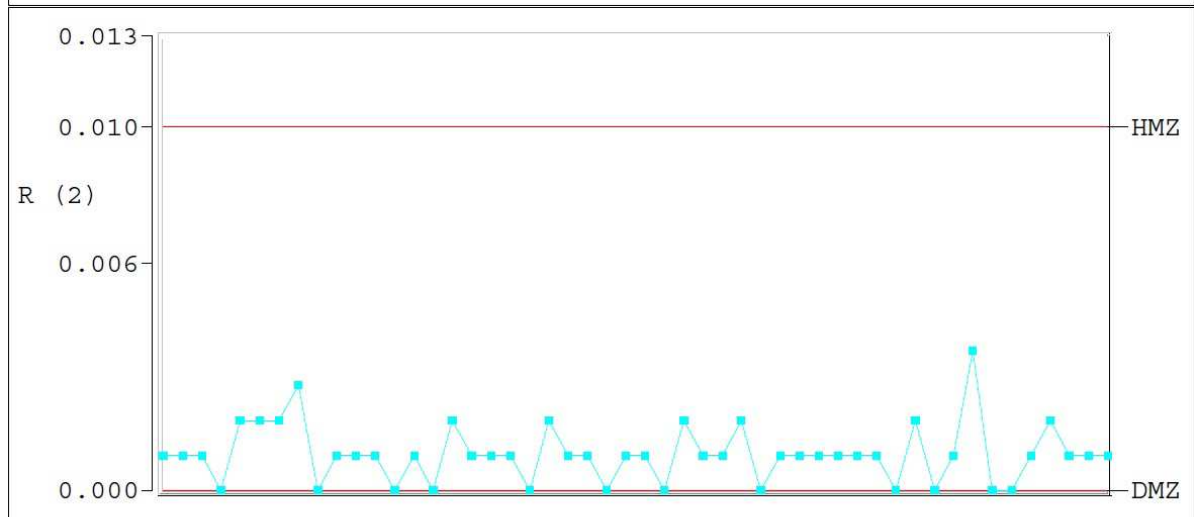
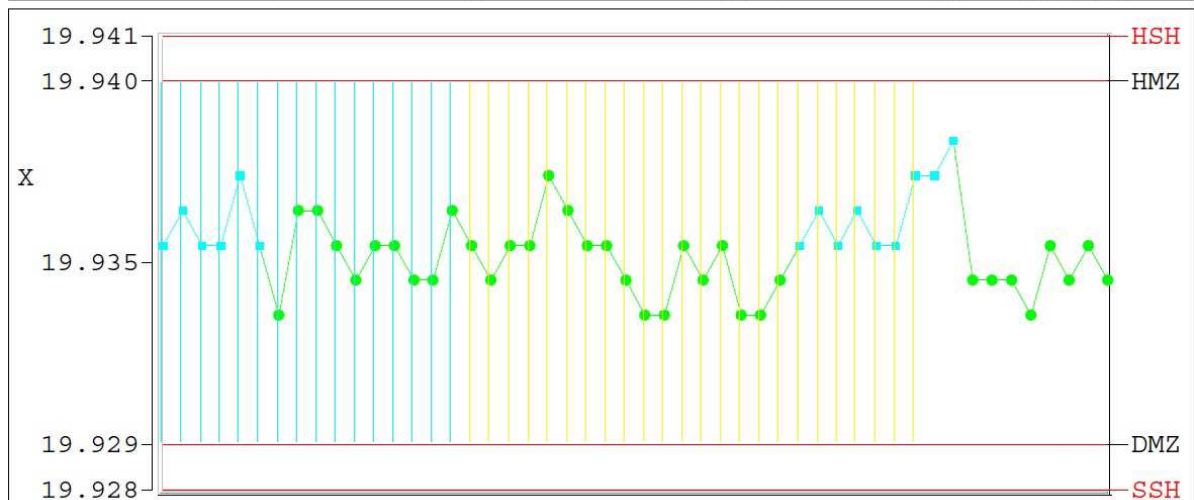
Obr. 14: Vnitřní průměr levé díry

Hodnocení:

Proces je stabilní v diagramu X, nestabilní v diagramu R, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry).

Uživatel		Datum a čas			
Hejduk		10. května 2012 6:44			
Číslo výkresu		Odběratel			
02T 301 232 F		KOKI Technik			
Stroj/Kus/Upínací		Důvod			
4/32/4		výroba			
Datum		Jméno			
10.05.2012		Hejduk			
Jméno	Jmen. hodnota	Jednotka	Horní tolerance	Dolní tolerance	
Průměr d20 - 1	20.000	mm	-0.059	-0.072	
Filtr		20.Apr 12 00:00			

Minimum / Maximum	Sigma ² (Rq)	Větší než horní tolerance	Rozpětí R	Sklen
19.933 / 19.938	0.00092	0	0.005	0.3425
Ček. střední hodn.	X _q -střední hodnota	Uvnitř tolerance	Standard. odchylka s	Zakřivení
19.9349	19.9349	51	0.00117	2.9089
- 3.0's / + 3.0's		Méně než dolní tolerance	Schopnost	
19.9314 / 19.9384		0	Cp(s) 1.85	Schopný
Velikost skupiny	Interval	Počet měřených hodnot	Kritická schopnost	
1	1/2	51	Cpk(HT) 1.74	Správná poloha

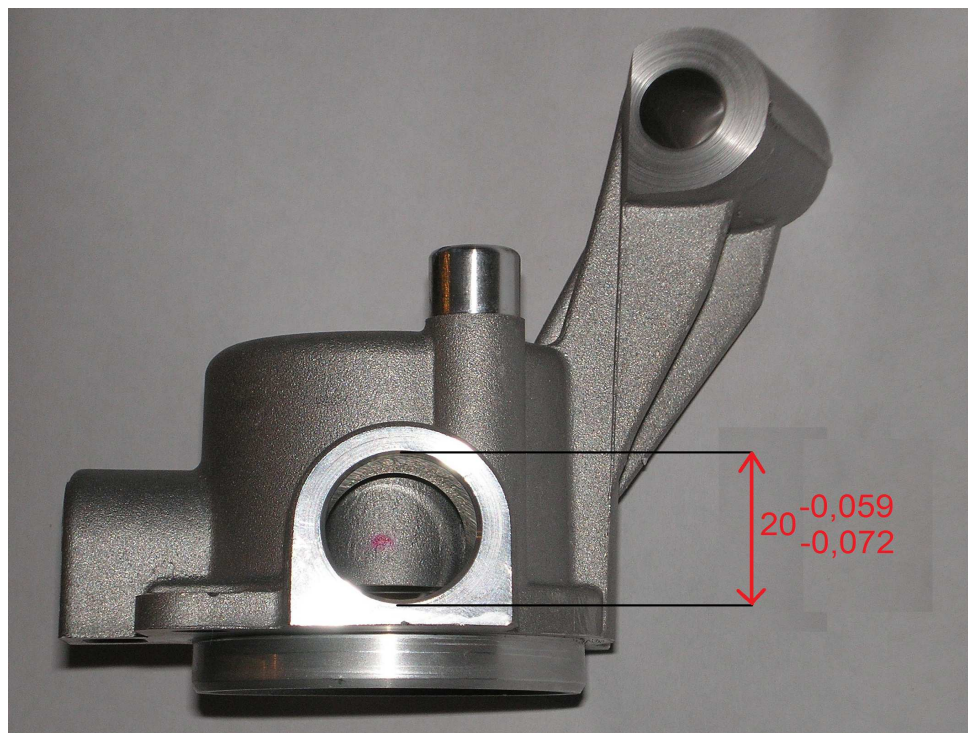


9.4 Statistické vyhodnocení kontroly rozměru vnitřního průměru pravé díry

Jmenovitý rozměr: 20,000 mm

Horní tolerance: -0,059 mm

Dolní tolerance: -0,072 mm



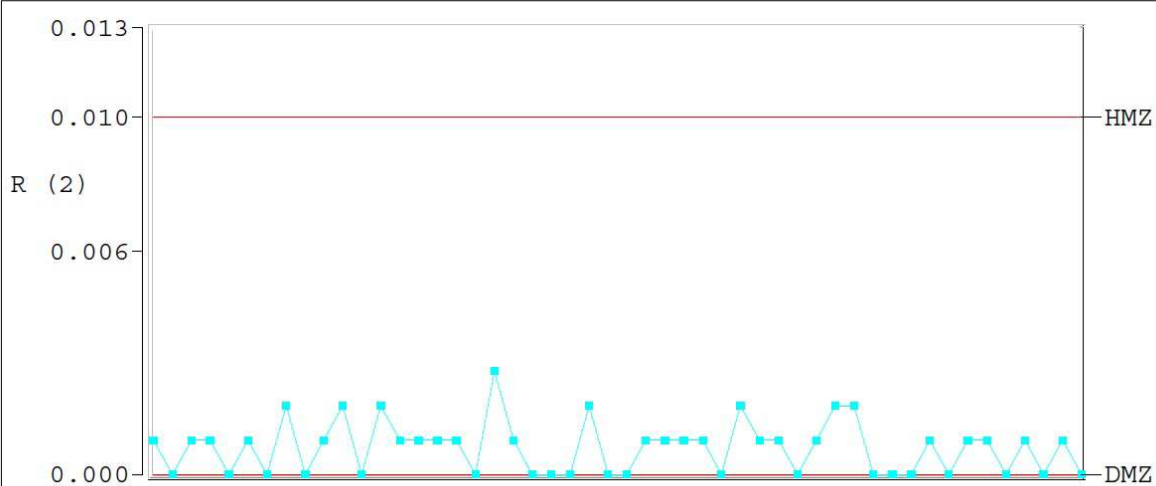
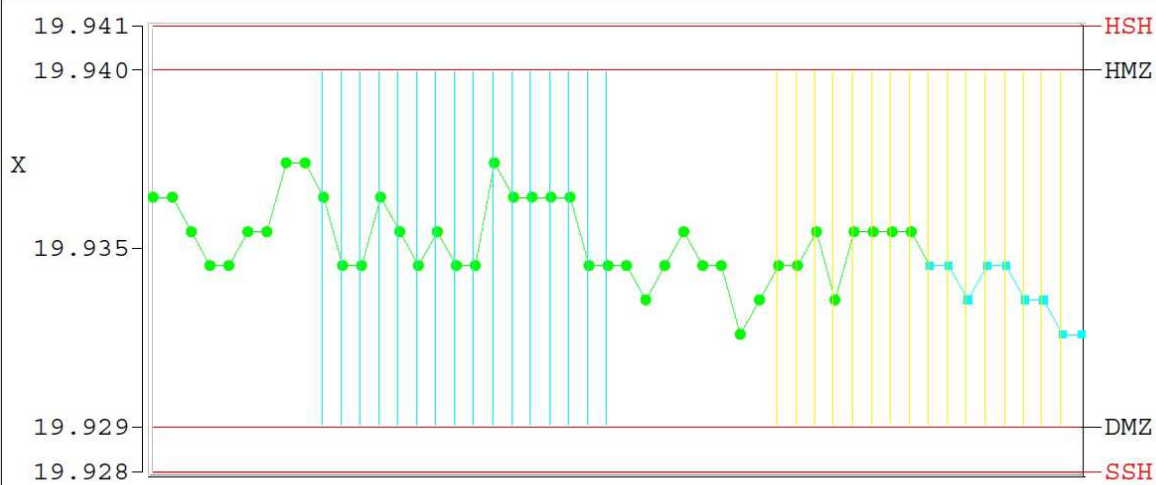
Obr. 15: Vnitřní průměr pravé díry

Hodnocení:

Proces je stabilní v diagramu X. Nestabilní v diagramu R, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry).

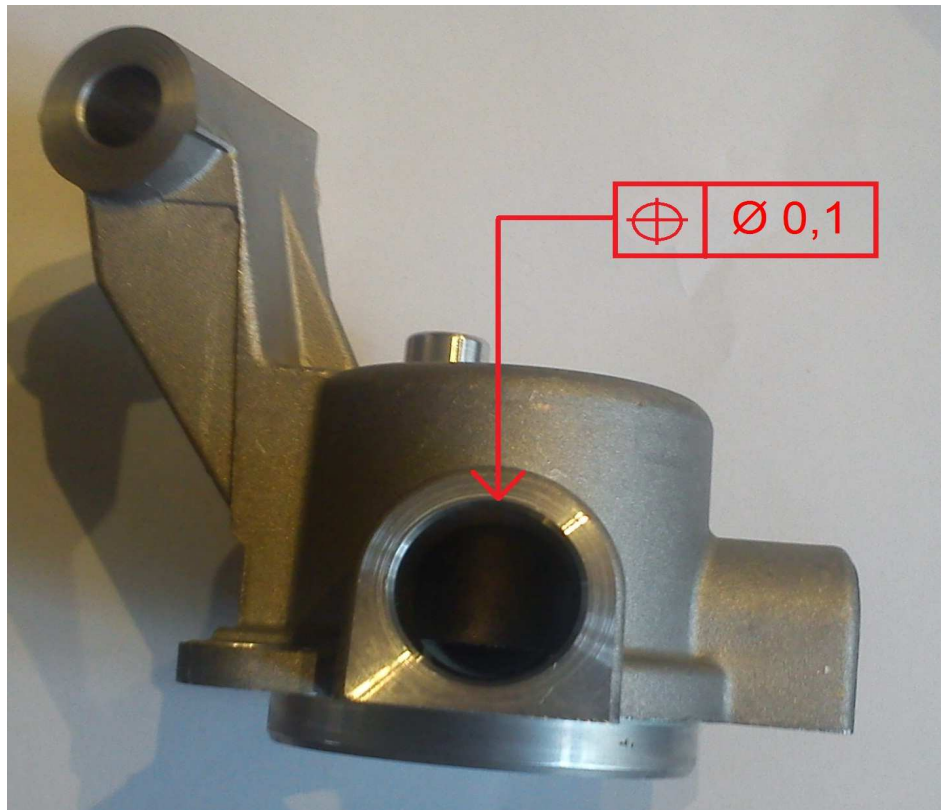
Uživatel		Datum a čas	
Hejduk		10. května 2012 6:46	
Číslo výkresu		Odběratel	
02T 301 232 F		KOKI Technik	
Stroj/Kus/Upínač		Důvod	
4/32/4		výroba	
Datum		Jméno	
10.05.2012		Hejduk	
Jméno	Jmen. hodnota	Jednotka	Horní tolerance
Průměr/1/ d20-1	20.000	mm	-0.059
Filtr		Dolní tolerance	
		-0.072	
20.Apr 12 00:00			

Minimum / Maximum	Sigma^ (Rq)	Větší než horní tolerance	Rezpěti R	Sklon
19.932 / 19.937	0.00069	0	0.005	0.1336
Čelk. střední hodn.	Xq-střední hodnota	Uvnitř tolerance	Standard. odchylka s	Zakřivení
19.9345	19.9345	51	0.00129	2.5656
+ 3.0's / + 3.0's		Méně než dolní tolerance	Schopnost	
19.9307 / 19.9384		0	Cp(s) 1.68	Schopný
Velikost skupiny	Interval	Počet měřených hodnot	Kritická schopnost	
1	1/2	51	Cpk(HT) 1.68	Správná poloha



9.5 Statistické vyhodnocení kontroly polohy levé díry

Geometrická tolerance polohy levé díry je vyznačena na výkresu součásti víka řadicího mechanismu.



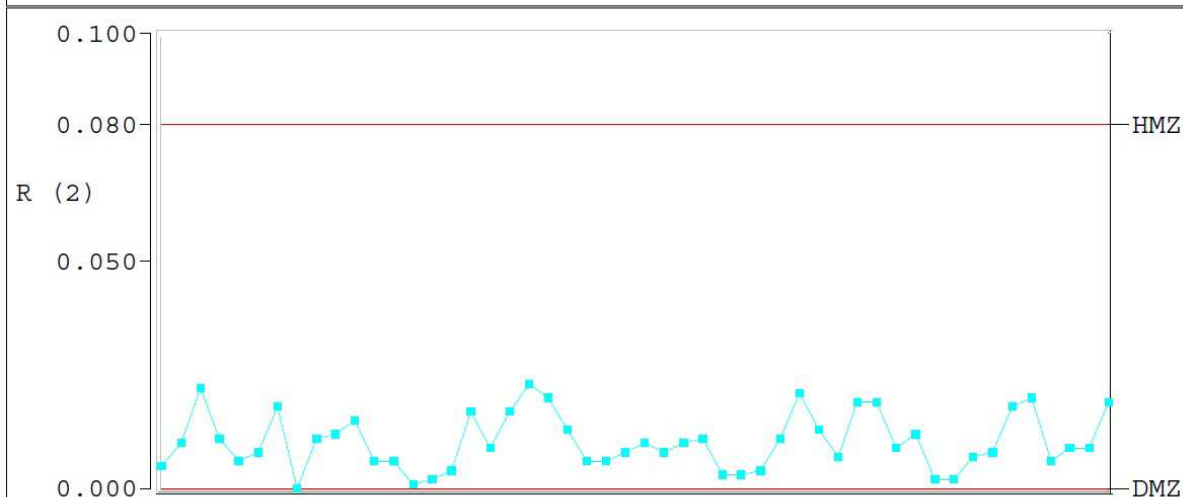
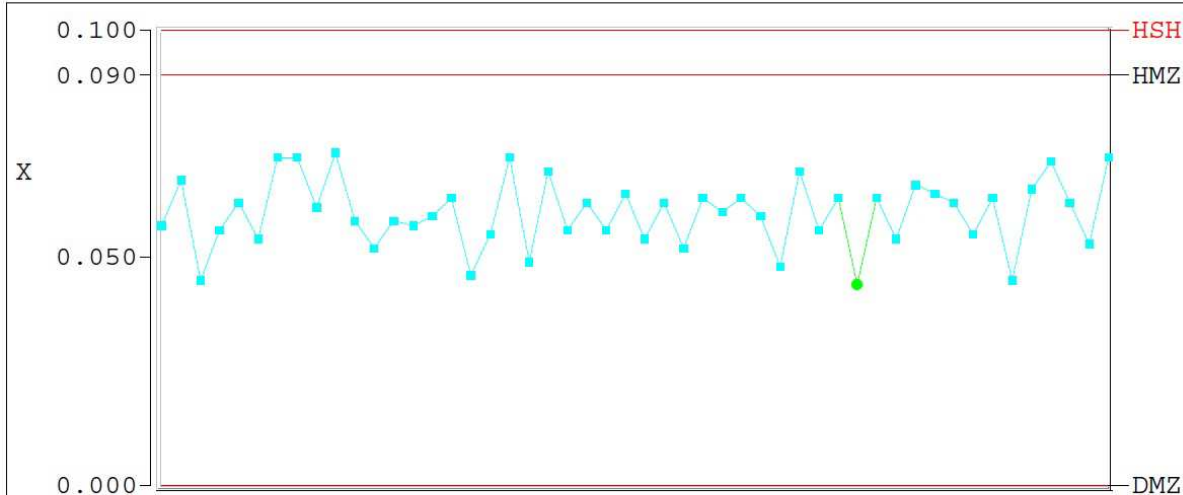
Obr. 16: Umístění polohy levé díry

Hodnocení:

Proces je nestabilní v diagramu X, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry). Nestabilní v diagramu R, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry).

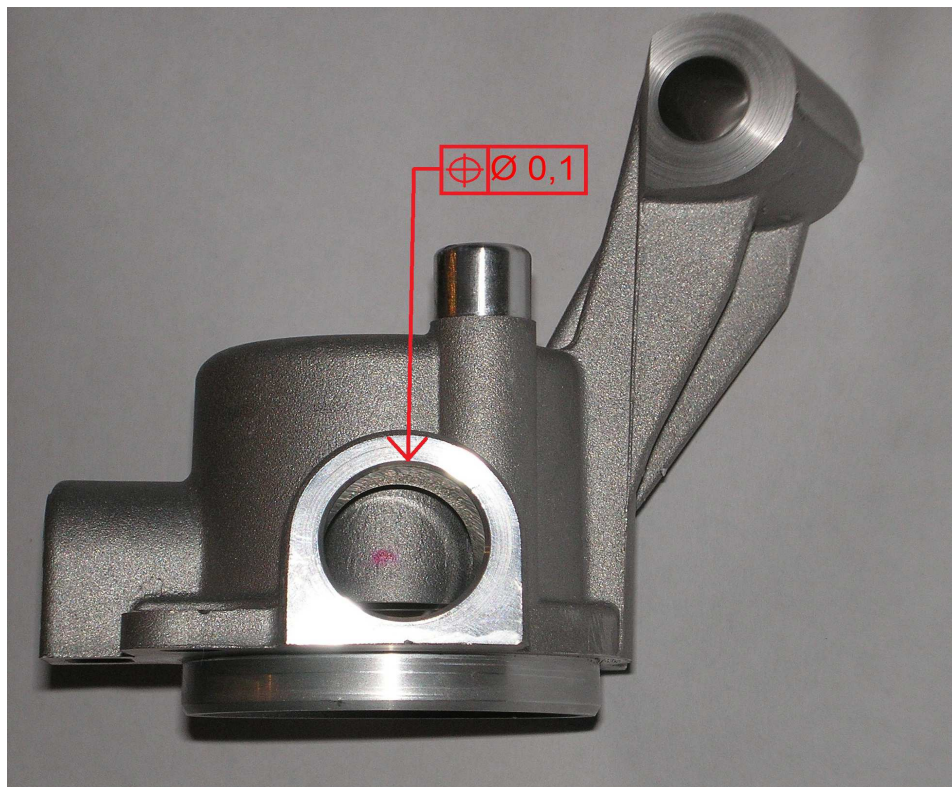
Uživatel		Datum a čas	
Hejduk		10. května 2012 6:49	
Číslo výkresu		Odběratel	
02T 301 232 F		KOKI Technik	
Stroj/Kus/Upínací		Dřívod	
4/32/4		výroba	
Datum		Jméno	
10.05.2012		Hejduk	
Jméno	Jmen. hodnota	Jednotka	Horní tolerance
Poloha /C/	0.000	mm	0.100
Dolní tolerance			
Filtr			
20.Apr 12 00:00			

Minimum / Maximum	Sigma ² (Rq)	Větší než horní tolerance	Rozeptí R	Sklen
0.044 / 0.073	0.00915	0	0.029	-0.1187
Celk. střední hodn.	Xq-střední hodnota	Uvnitř tolerance	Standard. odchylka s	Zakřivení
0.0595	0.0595	51	0.00760	2.4233
+ 3.0's / + 3.0's		Menší než dolní tolerance	Schopnost	
0.0367 / 0.0823		0	Cp(s) 2.19	Schopný
Velikost skupiny	Interval	Počet měřených hodnot	Kritická schopnost	
1	1/2	51	Cpk(HT) 1.78	Správná poloha



9.6 Statistické vyhodnocení kontroly polohy pravé díry

Geometrická tolerance polohy pravé díry je vyznačena na výkresu součásti víka řadícího mechanismu.



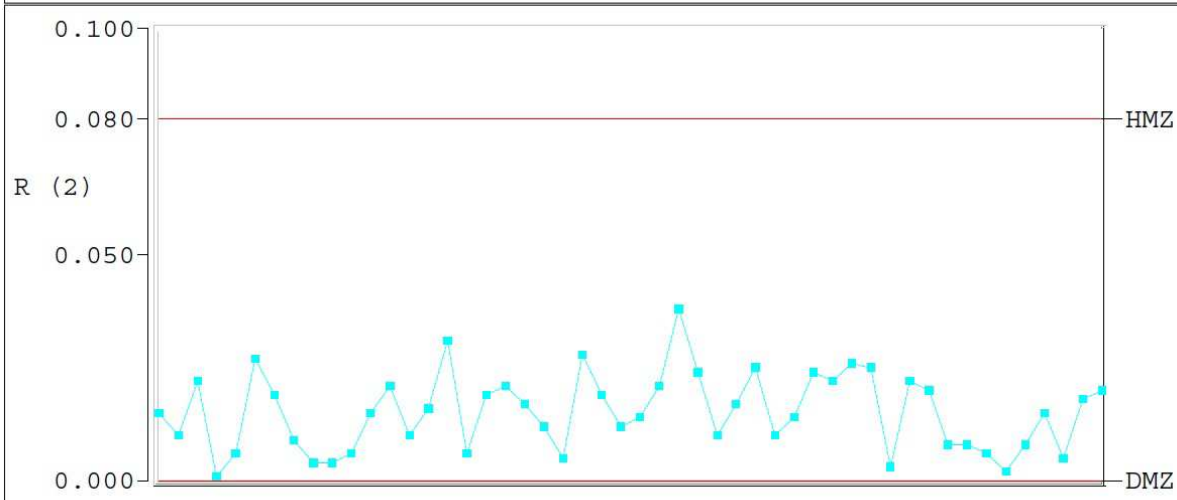
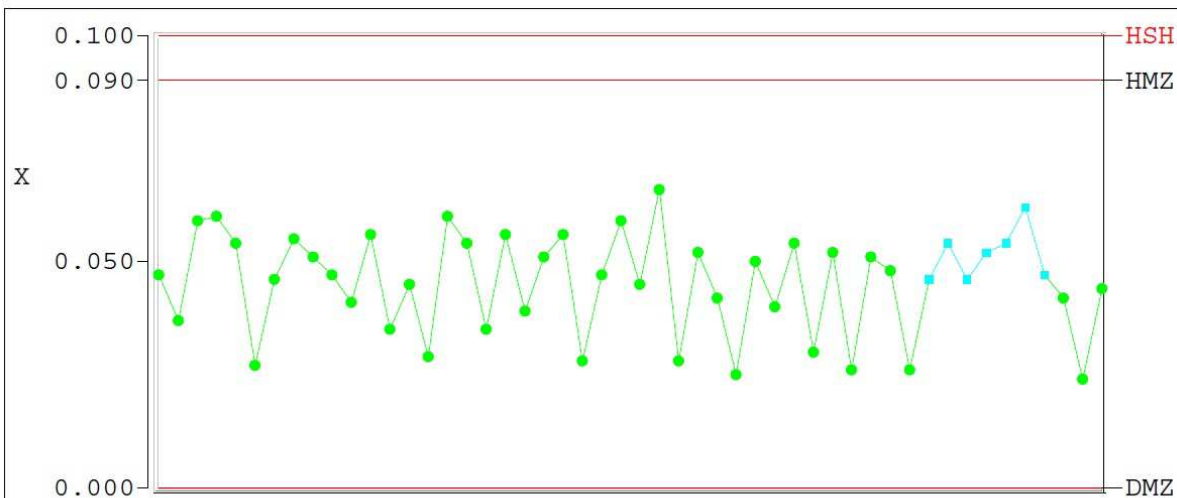
Obr. 17: Umístění polohy pravé díry

Hodnocení:

Proces je stabilní v diagramu X. Nestabilní v diagramu R, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry).

Uživatel		Datum a čas	
Hejduk		10. května 2012 6:51	
Číslo výkresu		Odběratel	
02T 301 232 F		KOKI Technik	
Stroj/Kus/Upínač		Důvod	
4/32/4		výroba	
Datum		Jméno	
10.05.2012		Hejduk	
Jméno	Poloha /1/	Jmen. hodnota	Jednotka
		0.000	mm
Filtr		Horní tolerance	Dolní tolerance
		0.100	
20.Apr 12 00:00			

Minimum / Maximum	Sigma ² (Rq)	Větší než horní tolerance	Rozeptí R	Sklon
0.024 / 0.066	0.01348	0	0.042	-0.4672
Celk. střední hodn.	Xq-střední hodnota	Uvnitř tolerance	Standard. odchylka s	Zakřivení
0.0459	0.0458	51	0.01122	2.2571
- 3.0's / + 3.0's		Méně než dolní tolerance	Schopnost	
0.0122 / 0.0796		0	Cp(s) 1.48	Schopný
Velikost skupiny	Interval	Počet měřených hodnot	Kritická schopnost	
1	1/2	51	Cpk(HT) 1.61	Správná poloha



9.7 Statistické vyhodnocení kontroly rozměru vnitřního průměru přední díry

Jmenovitý rozměr: 20,500 mm

Horní tolerance: 0,000 mm

Dolní tolerance: -0,03 mm



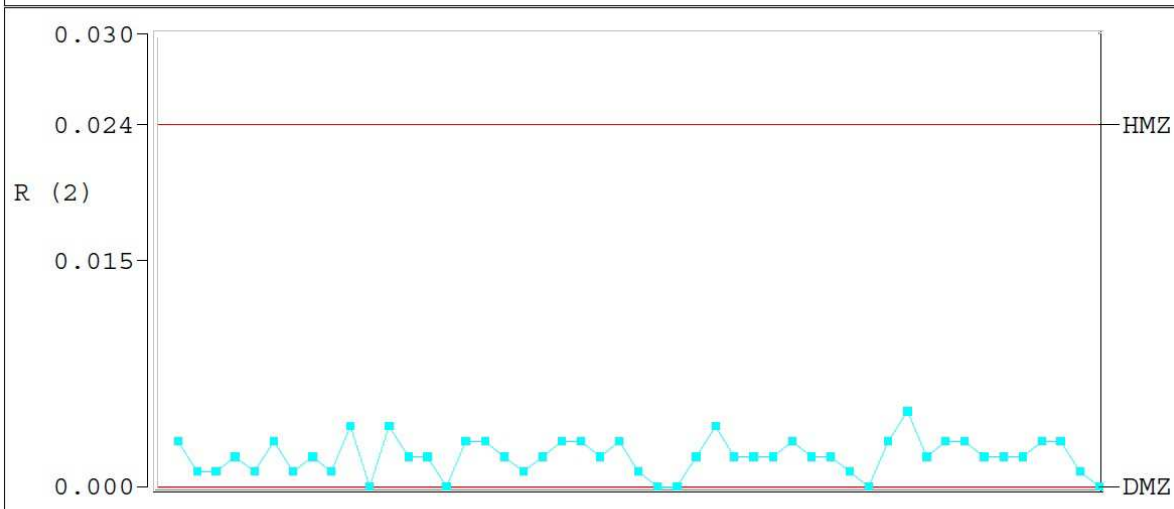
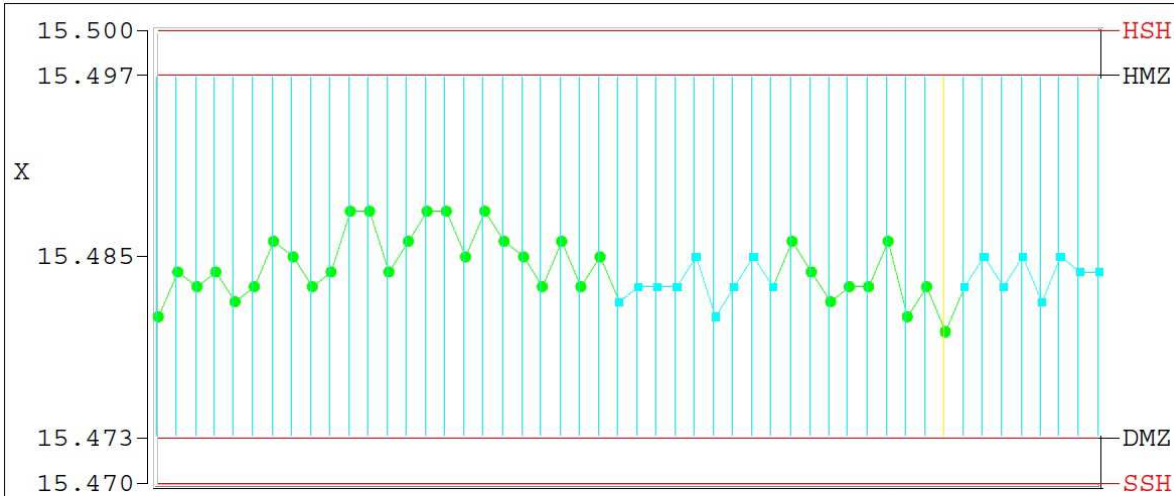
Obr. 18: Vnitřní průměr přední díry

Hodnocení:

Proces je nestabilní v diagramu X, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry). Nestabilní je i v diagramu R, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry).

Uživatel		Datum a čas			
Hejduk		11. května 2012 5:39			
Číslo výkresu		Odběratel		KOKI Technik	
02T 301 232 F					
Stroj/Kus/Upínač		Důvod		výroba	
4/32/4					
Datum		Jméno			
10.05.2012		Hejduk			
Jméno	Jmen. hodnota	Jednotka	Horní tolerance	Dolní tolerance	
Průměr d15,5 - 1	15.500	mm	0.000	-0.030	
Filtr	20.Apr 12 00:00				

Minimum / Maximum	Sigma^ (Rq)	Větší než horní tolerance	Rozeptí R	Sklen
15.480 / 15.488	0.00179	0	0.008	0.3581
Celk. střední hodn.	Xq-střední hodnota	Uvnitř tolerance	Standard. odchylka s	Zakřivení
15.4841	15.4841	50	0.00195	2.7316
- 3.0*s / + 3.0*s		Méně než dolní tolerance	Schopnost	
15.4782 / 15.4900		0	Cp(s) 2.56	Schopný
Velikost skupiny	Interval	Počet měřených hodnot	Kritická schopnost	
1	1/2	50	Cpk(DT) 2.41	Správná poloha

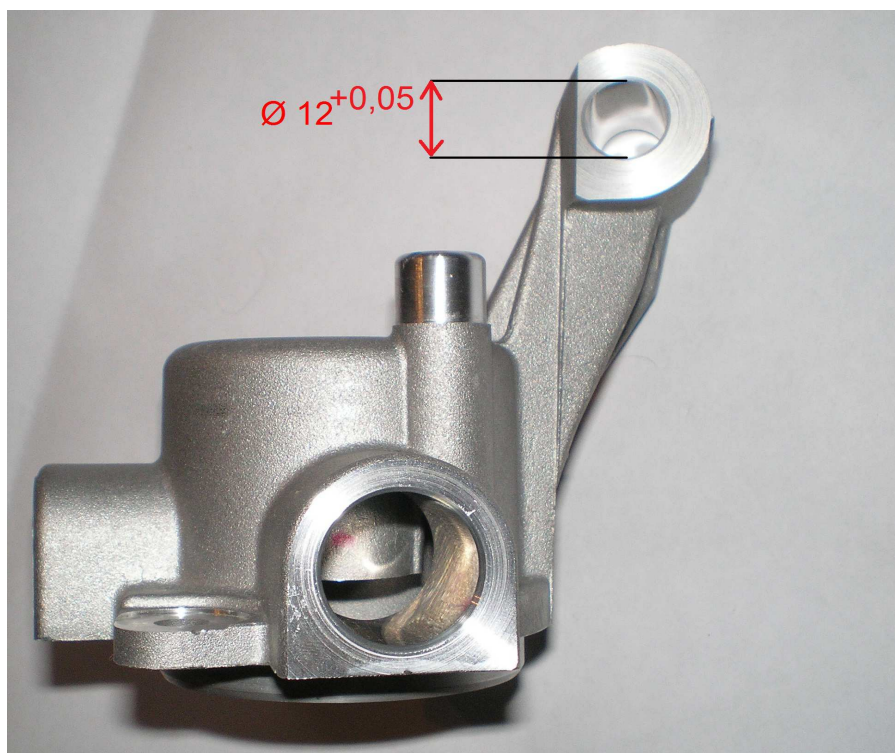


9.8 Statistické vyhodnocení kontroly rozměru vnitřního průměru díry vršku páky

Jmenovitý rozměr: 12,000 mm

Horní tolerance: +0,050 mm

Dolní tolerance: 0,000 mm



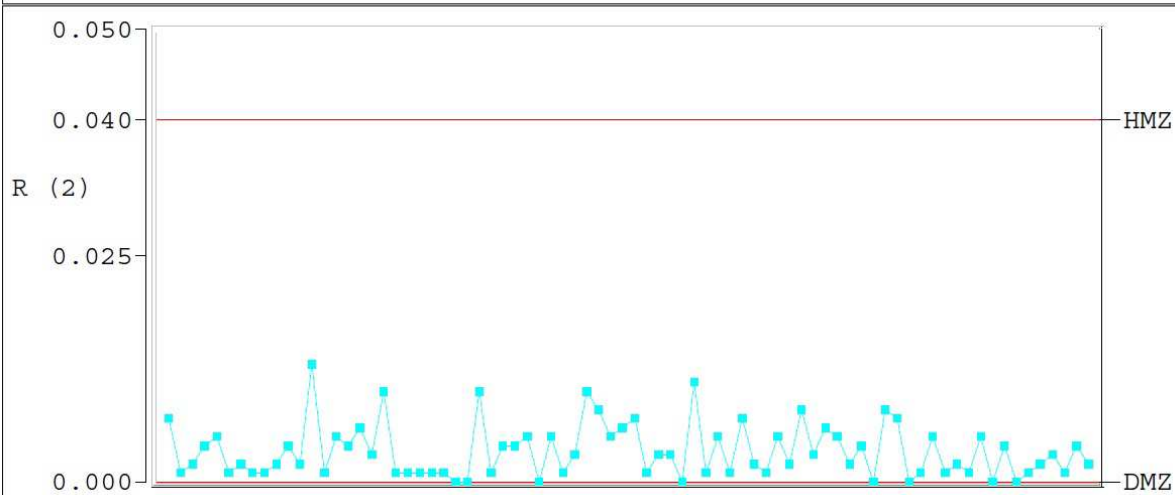
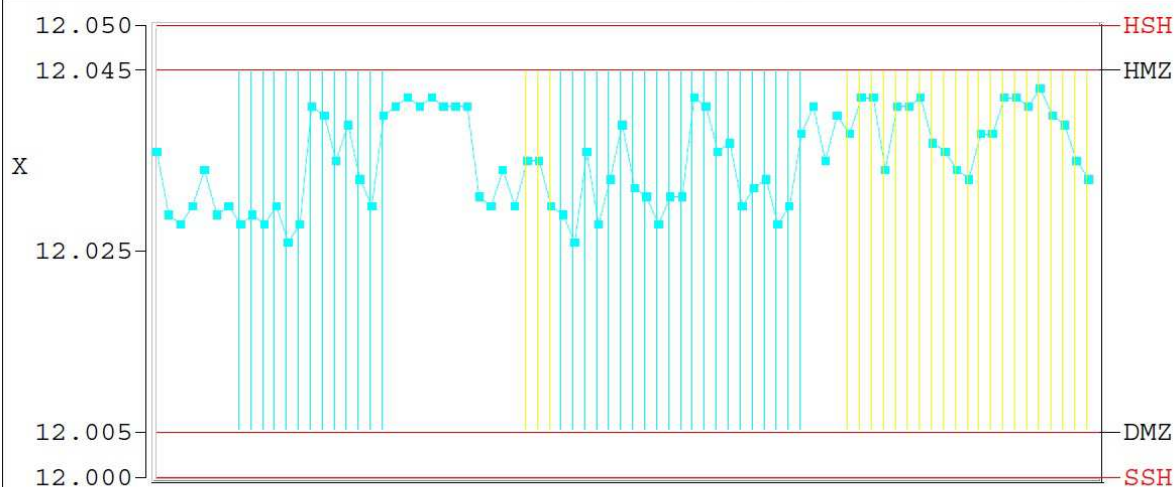
Obr. 19: Vnitřní průměr díry vršku páky

Hodnocení:

Proces je nestabilní v diagramu X, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry). Nestabilní i v diagramu R, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry). Index způsobilosti Cpk nevychází, příčinou toho je, že tento rozměr se opracovává nástrojem, který se opotřebovává a tudíž je nabroušen na horní hranici tolerance.

Uživatel		Datum a čas			
Hejduk		10. května 2012 7:05			
Čísle výkresu		Odkrývatel			
02T 301 232 F		KOKI Technik			
Stroj/Kus/Upínací		Důvod			
4/32/4		výroba			
Datum		Jméno			
10.05.2012		Hejduk			
Jméno	Jmen. hodnota	Jednotka	Horní tolerance	Dolní tolerance	
Průměr d12,02 - 1	12.000	mm	0.050	0.000	
Filtr		20.Apr 12 00:00			

Minimum / Maximum	Sigma^ (Rq)	Větší než horní tolerance	Rezpěti R	Sklen
12.026 / 12.043	0.00301	0	0.017	-0.0506
Celk. střední hodn.	Xq-střední hodnota	Uvnitř tolerance	Standard. odchylka s	Zakřivení
12.0351	12.0351	79	0.00510	1.6014
- 3.0's / + 3.0's		Méně než dolní tolerance	Schopnost	
12.0198 / 12.0504		0	Cp(s) 1.63	Schopný
Velikost skupiny	Interval	Počet měřených hodnot	Kritická schopnost	
1	1/2	79	Cpk(HT) 0.97	Špatná poloha

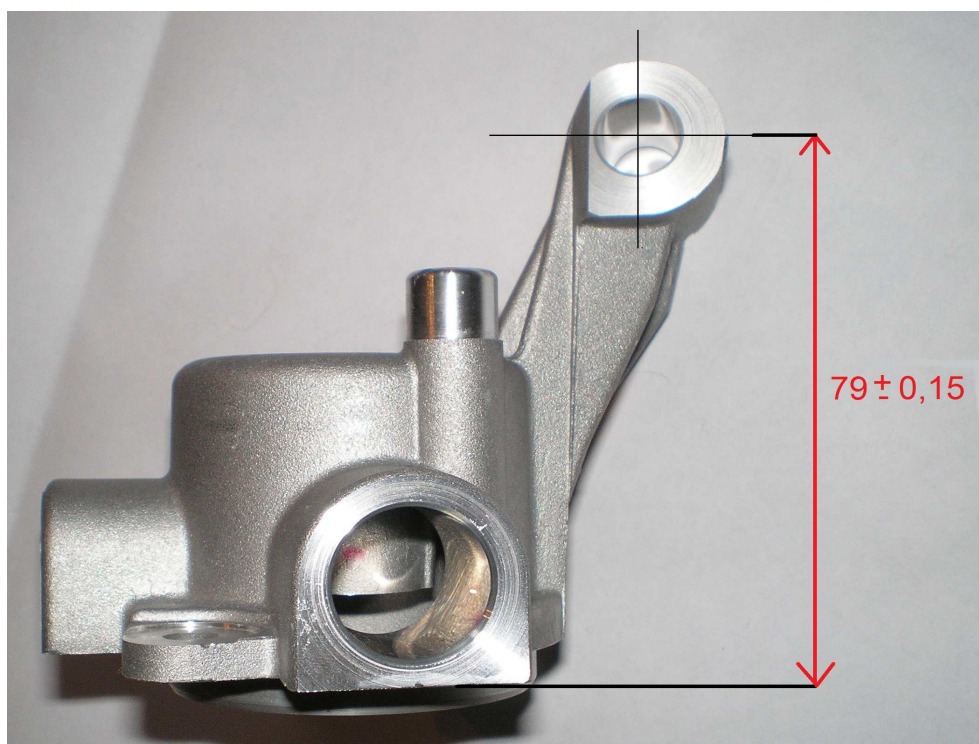


9.9 Statistické vyhodnocení kontroly délkového rozměru osa vnitřní díry páky – spodní hrana odlitku

Jmenovitý rozměr: 79,000 mm

Horní tolerance: +0,150 mm

Dolní tolerance: -0,150 mm



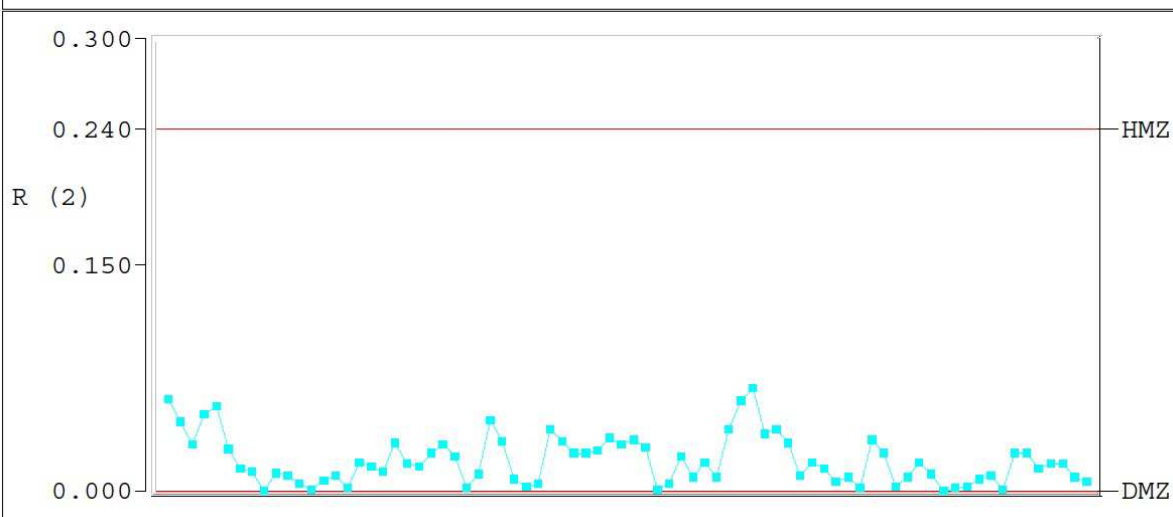
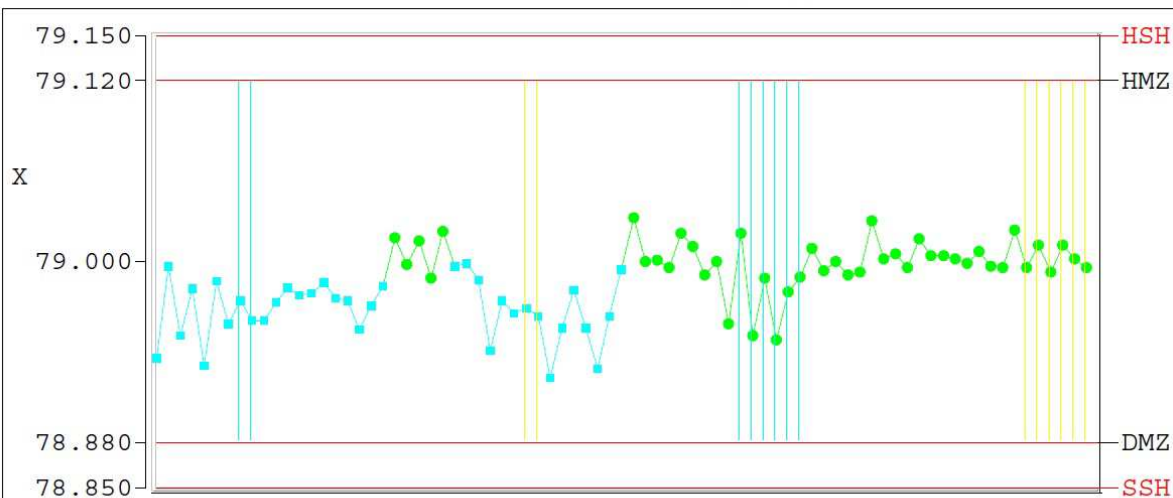
Obr. 20: délkový rozměr osa vnitřní díry páky – spodní hrana odlitku

Hodnocení:

Proces je nestabilní v diagramu X, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry). Nestabilní v diagramu R, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry).

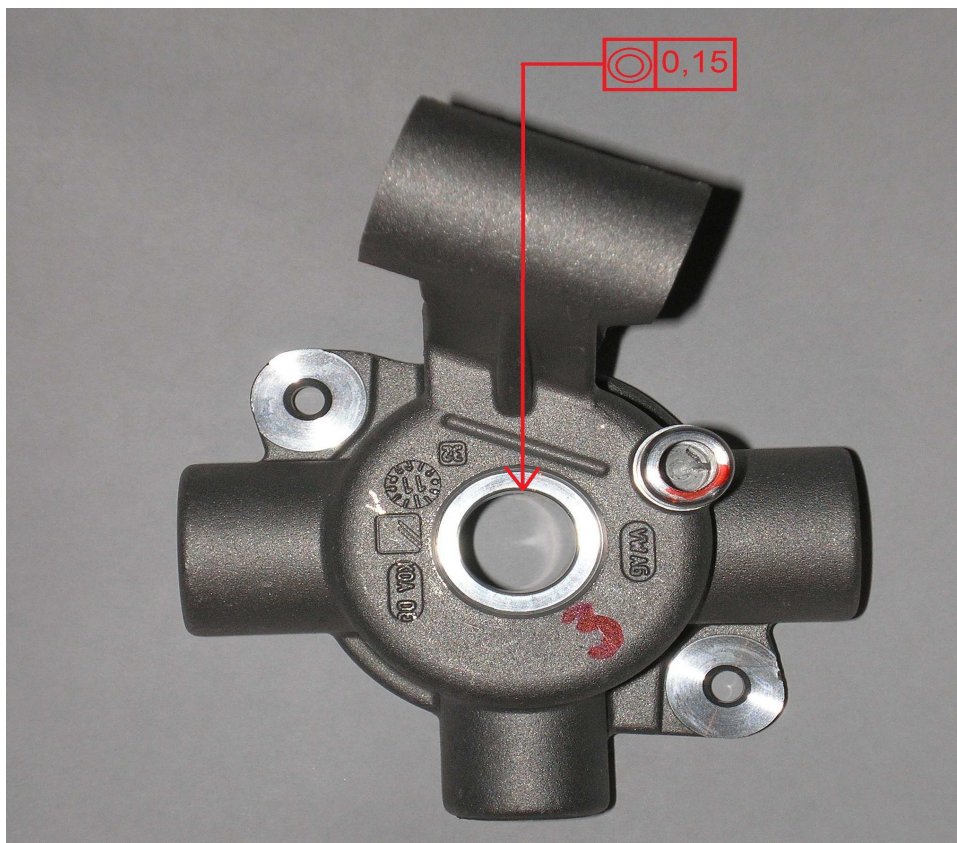
Uživatel		Datum a čas			
Hejduk		10. května 2012 7:08			
Číslo výkresu		Odběratel			
02T 301 232 F		KOKI Technik			
Stroj/Kus/Upínač		Důvod			
4/32/4		výroba			
Datum		Jméno			
10.05.2012		Hejduk			
Jméno	Jmen. hodnota	Jednotka	Horní tolerance	Dolní tolerance	
Souřadnice 79	79.000	mm	0.150	-0.150	
Filtr		20.Apr 12 00:00			

Minimum / Maximum	Sigma ^h (Rq)	Větší než horní tolerance	Rezpěti R	Sklen
78.923 / 79.029	0.01794	0	0.106	-0.6145
Celk. střední hodn.	Xq-střední hodnota	Uvnitř tolerance	Standard. odchylka s	Zakřivení
78.9859	78.9862	79	0.02391	2.8638
- 3.0's / + 3.0's		Méně než dolní tolerance	Schopnost	
78.9142 / 79.0577		0	Cp(s) 2.09	Schopný
Velikost skupiny	Interval	Počet měřených hodnot	Kritická schopnost	
1	1/2	79	Cpk(DT) 1.90	Správná poloha



9.10 Statistické vyhodnocení kontroly umístění soustřednosti a souososti střední díry odlitku

Geometrická tolerance umístění soustřednosti a souososti střední díry výrobku je vyznačena na výkresu součásti víka řadícího mechanismu.

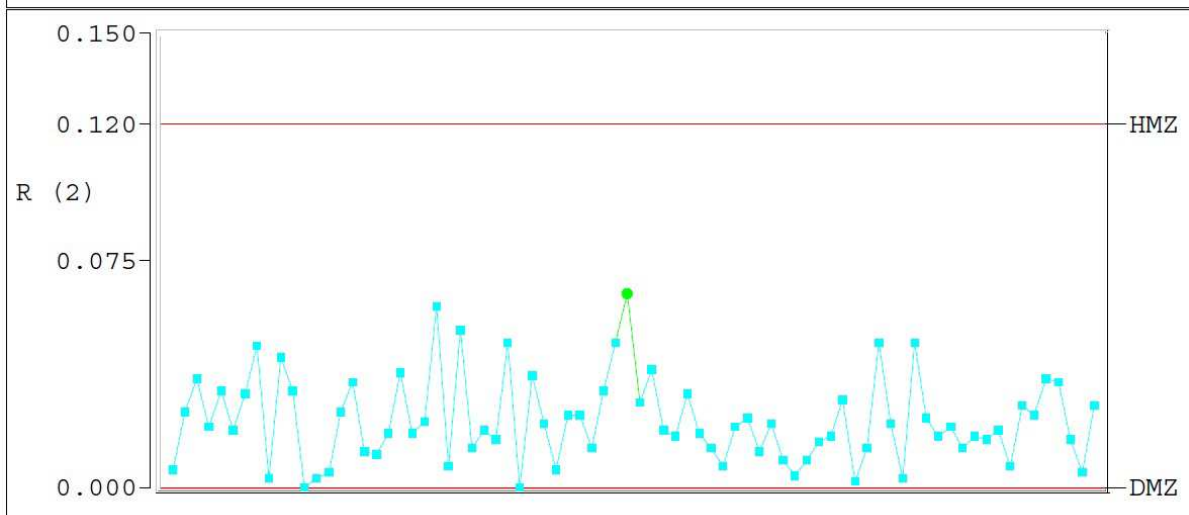
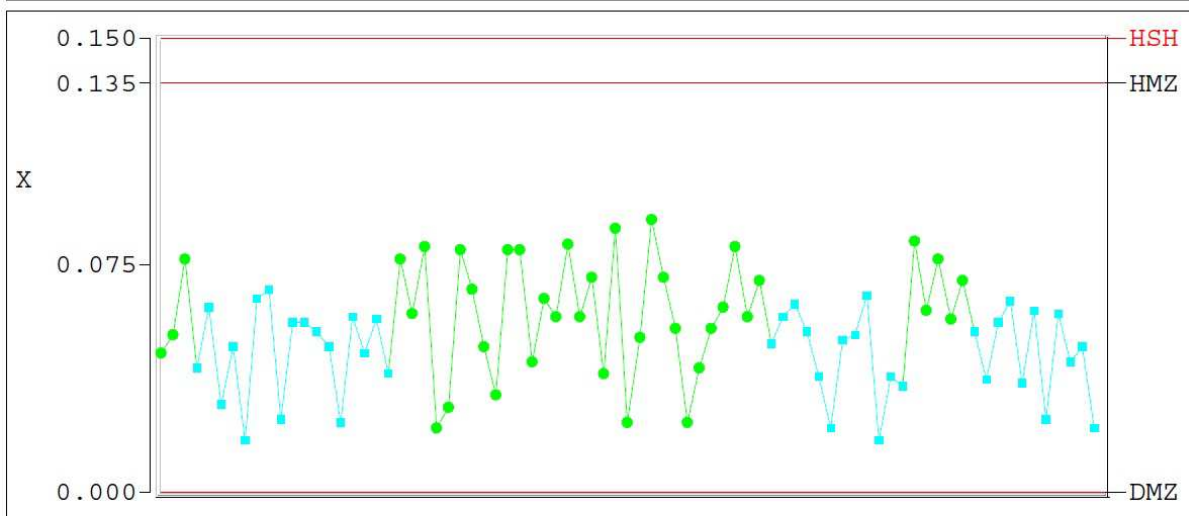


Obr. 21: Umístění soustřednosti a souososti střední díry odlitku

Hodnocení:

Proces je nestabilní v diagramu X, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry). Nestabilní v diagramu R, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry).

Uživatel		Datum a čas	
Hejduk		10. května 2012 6:58	
Čísle výkresu		Odběratel	
02T 301 232 F		KOKI Technik	
Stroj/Kus/Upinač		Důvod	
4/32/4		výroba	
Datum		Jméno	
10.05.2012		Hejduk	
Jméno	Jmen. hodnota	Jednotka	Horní tolerance
Souosost /38/	0.000	mm	0.150
Dolní tolerance			
Filtr			
20.Apr 12 00:00			
Minimum / Maximum	Sigma ^h (Rq)	Větší než horní tolerance	Rozeptí R
0.017 / 0.090	0.01970	0	0.073
Sklen	-0.1317		
Ček. střední hodn.	X _q -střední hodnota	Uvnitř tolerance	Standard. odchylka s
0.0529	0.0531	79	0.01844
Zakřivení	2.3371		
± 3.0's / ± 3.0's	Menší než dolní tolerance		Schopnost
-0.0024 / 0.1082	0		Cp(s)
Velikost skupiny	Interval	Počet měřených hodnot	Kritická schopnost
1	1/2	79	Cpk(HT)
		1.36	Schopný
		1.75	Správná poloha

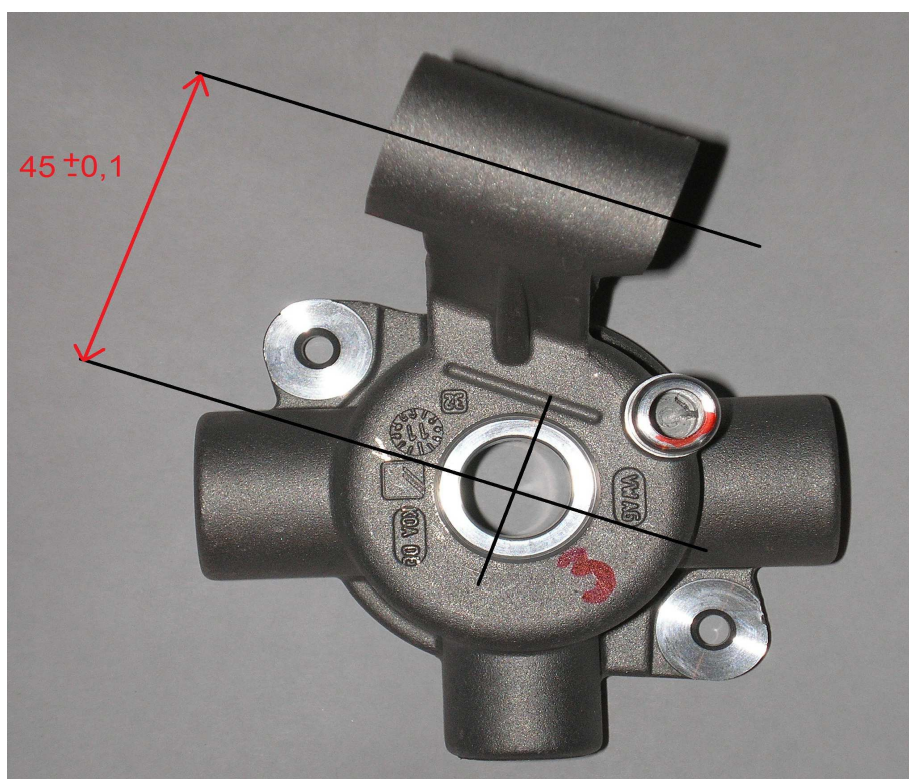


9.11 Statistické vyhodnocení kontroly rozměru vzdálenosti os střední díra odlitku – vnitřní díra vršku páky

Jmenovitý rozměr: 45,000 mm

Horní tolerance: +0,100 mm

Dolní tolerance: -0,100 mm



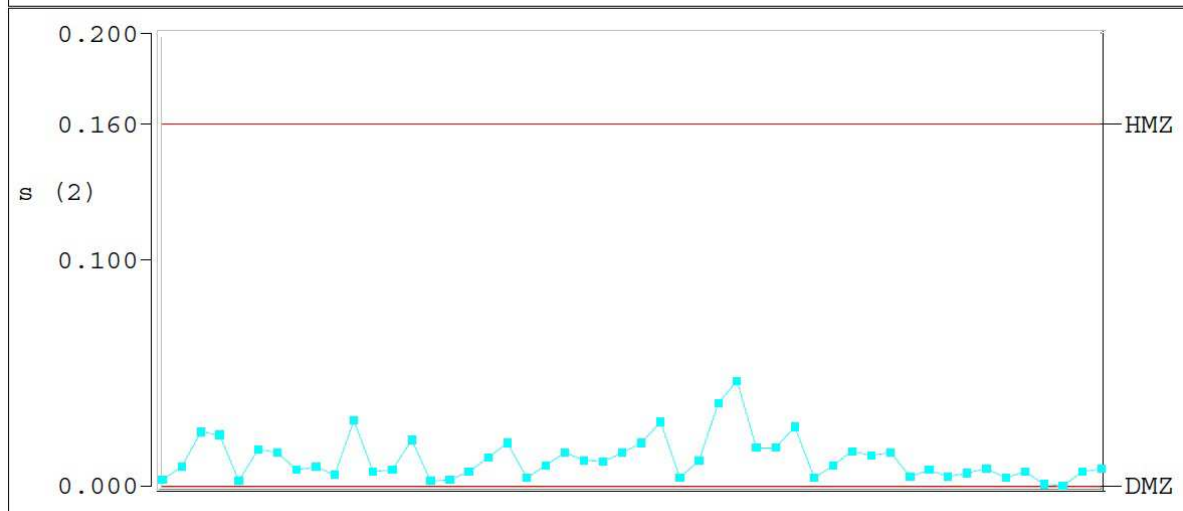
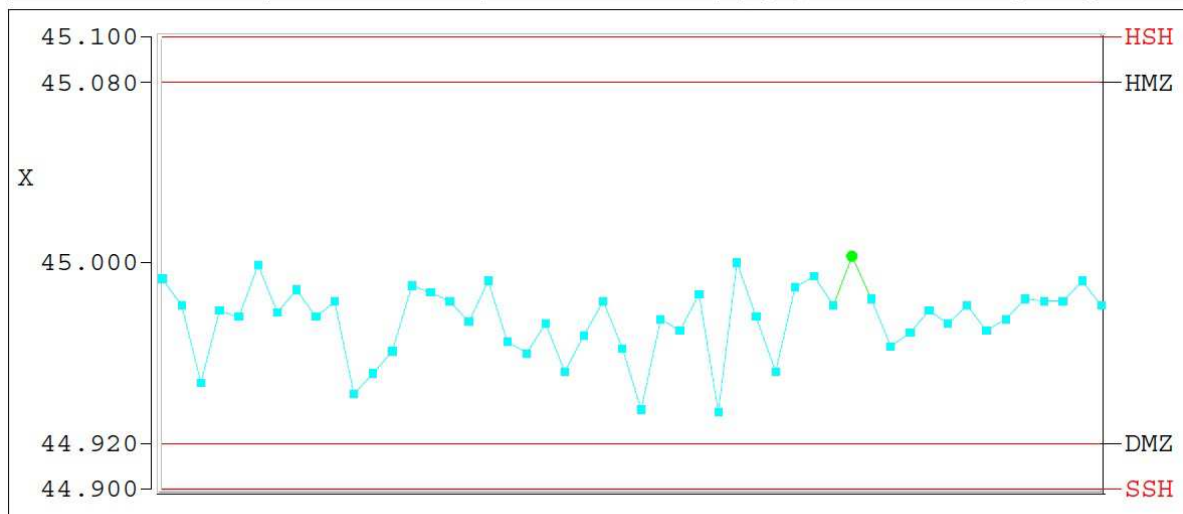
Obr. 22: vzdálenosti os střední díra odlitku – vnitřní díra vršku páky

Hodnocení:

Proces je nestabilní v diagramu X, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry). Nestabilní v diagramu R, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry).

Uživatel		Datum a čas			
Hejduk		10. května 2012 7:03			
Číslo výkresu		Odběratel			
02T 301 232 F		KOKI Technik			
Stroj/Kus/Upinač		Důvod			
4/32/4		výroba			
Datum		Jméno			
10.05.2012		Hejduk			
Jméno	Jmen. hodnota	Jednotka	Horní tolerance	Dolní tolerance	
Souřadnice 45	45.000	mm	0.100	-0.100	
Filtr					
20.Apr 12 00:00					

Minimum / Maximum	Sigma ² (sq)	Větší než horní tolerance	Rozeptí R	Sklon
44.934 / 45.003	0.01499	0	0.069	-0.7726
Celk. střední hodn.	Xq-střední hodnota	Uvnitř tolerance	Standard. odchylka s	Zakřivení
44.9755	44.9753	51	0.01613	3.2292
- 3.0's / + 3.0's		Méně než dolní tolerance	Schopnost	
44.9271 / 45.0239		0	Cp(s) 2.07	Schopný
Velikost skupiny	Interval	Počet měřených hodnot	Kritická schopnost	
1	1/2	51	Cpk(DT) 1.56	Správná poloha

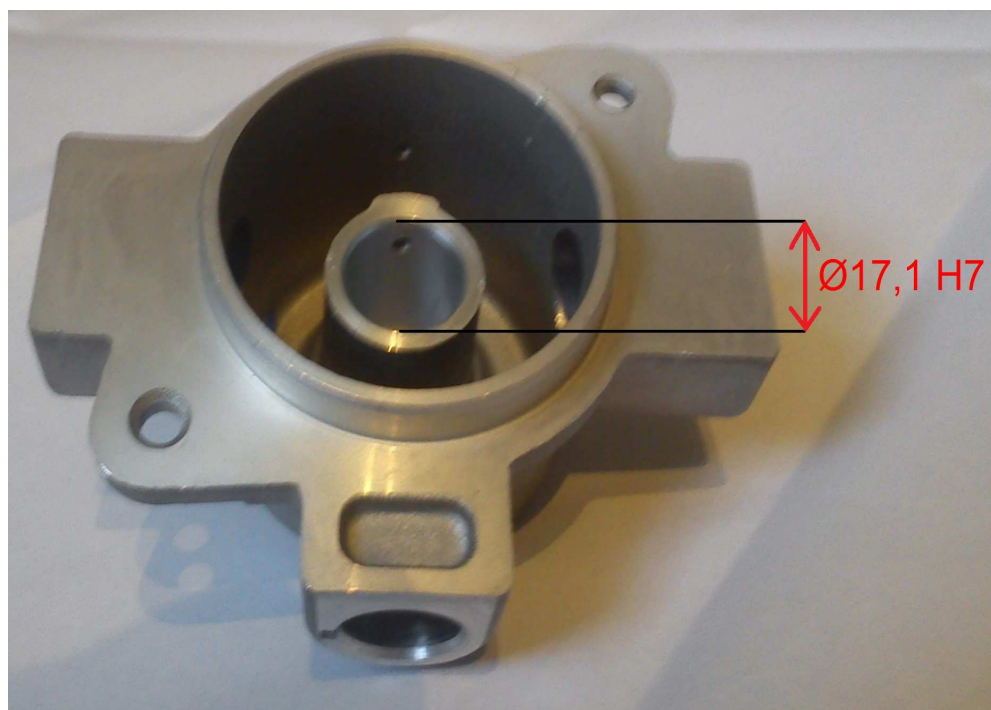


9.12 Statistické vyhodnocení rozměrové kontroly vnitřního průměru střední díry odlitku

Jmenovitý rozměr: 17,100 mm

Horní tolerance: +0,018 mm

Dolní tolerance: 0,000 mm



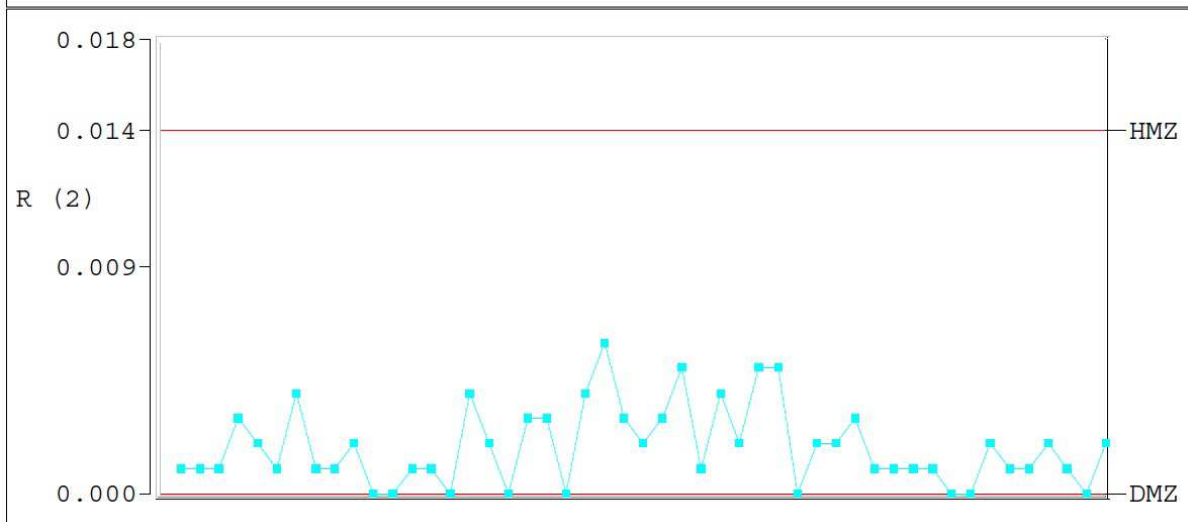
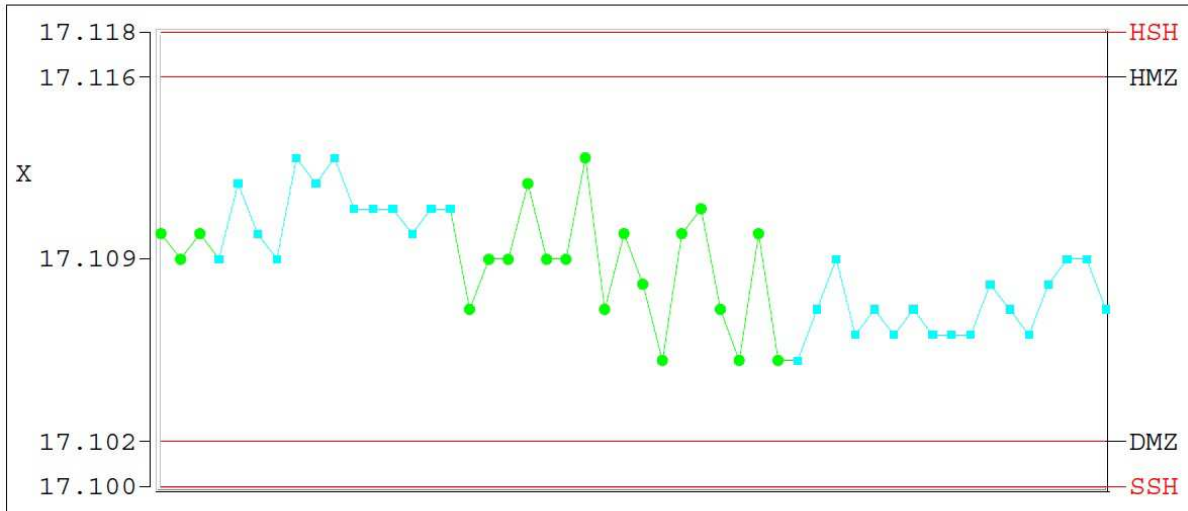
Obr. 23: Vnitřní průměr střední díry odlitku

Hodnocení:

Proces je nestabilní v diagramu X i v diagramu R, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry). Příčinou toho je, že tento rozměr se opracovává nástrojem, který se opotřebovává a tudíž je nabroušen na horní hranici tolerance, z tohoto důvodů nevychází index způsobilosti Cpk.

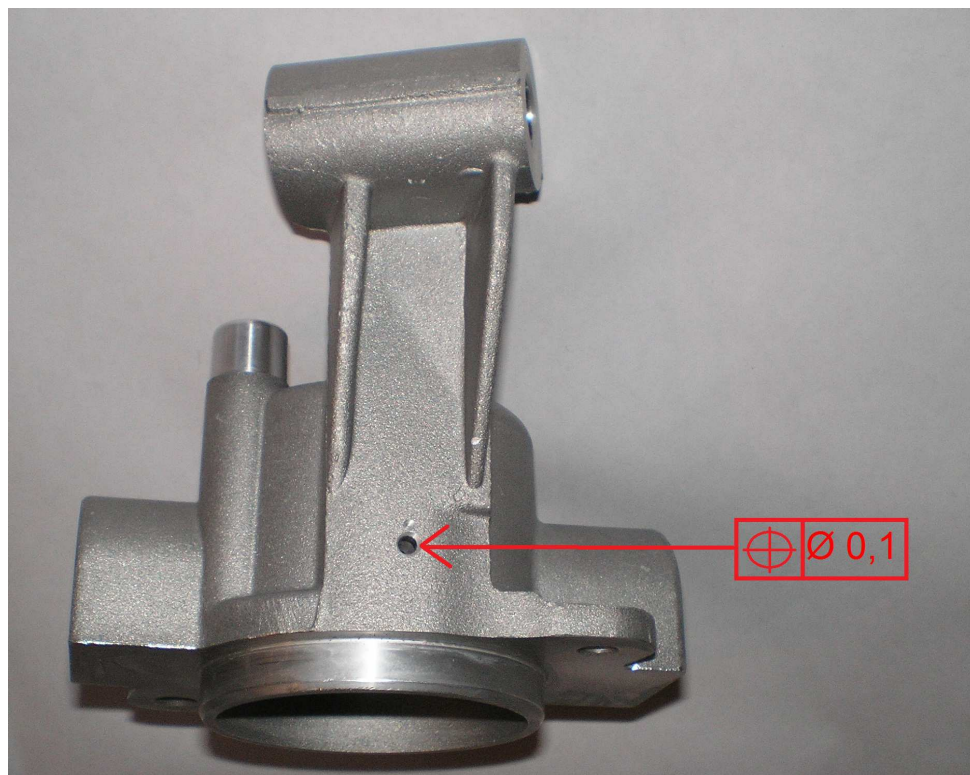
Uživatel		Datum a čas			
Hejduk		10. května 2012 7:09			
Čísle výkresu		Odběratel			
02T 301 232 F		KOKI Technik			
Stroj/Kus/Upinač		Důvod			
4/32/4		výroba			
Datum		Jméno			
10.05.2012		Hejduk			
Jméno	Jmen. hodnota	Jednotka	Horní tolerance	Dolní tolerance	
Průměr d17,1 - 1	17.100	mm	0.018	0.000	
Filtr		20.Apr 12 00:00			

Minimum / Maximum	Sigma ² (Rq)	Větší než horní tolerance	Rozeptí R	Sklen
17.105 / 17.113	0.00165	0	0.008	0.0749
Ček. střední hodn.	Xq-střední hodnota	Uvnitř tolerance	Standard. odchylka s	Zakřivení
17.1087	17.1087	50	0.00228	2.0631
+ 3.0's / + 3.0's		Menší než dolní tolerance	Schopnost	
17.1019 / 17.1156		0	Cp(s) 1.31	Není schopný
Velikost skupiny	Interval	Počet měřených hodnot	Kritická schopnost	
1	1/2	50	Cpk(DT) 1.28	Špatná poloha



9.13 Statistické vyhodnocení kontroly umístění polohy malé zadní díry

Geometrická tolerance umístění polohy malé zadní díry je vyznačena na výkresu součásti víka řadícího mechanismu.



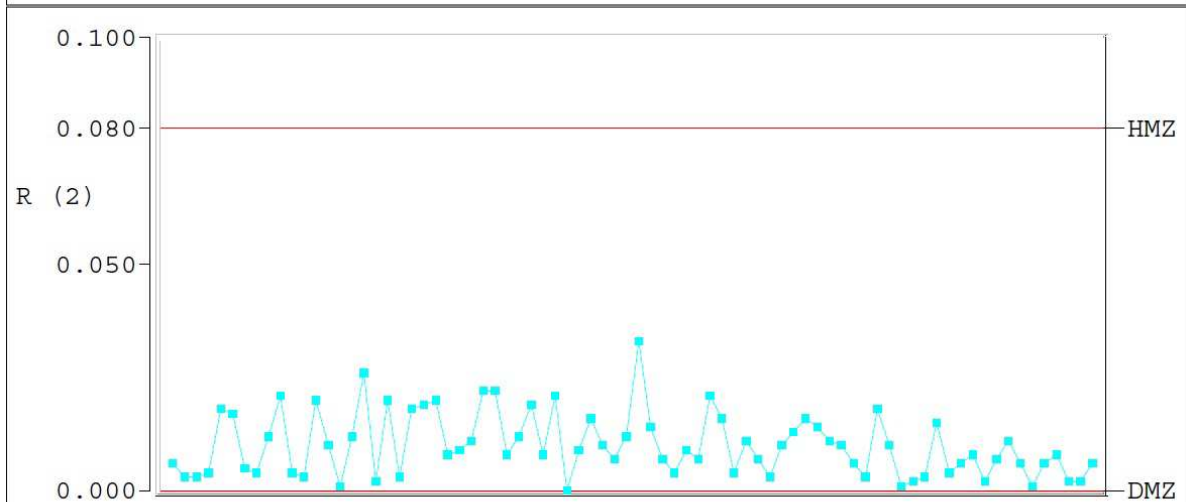
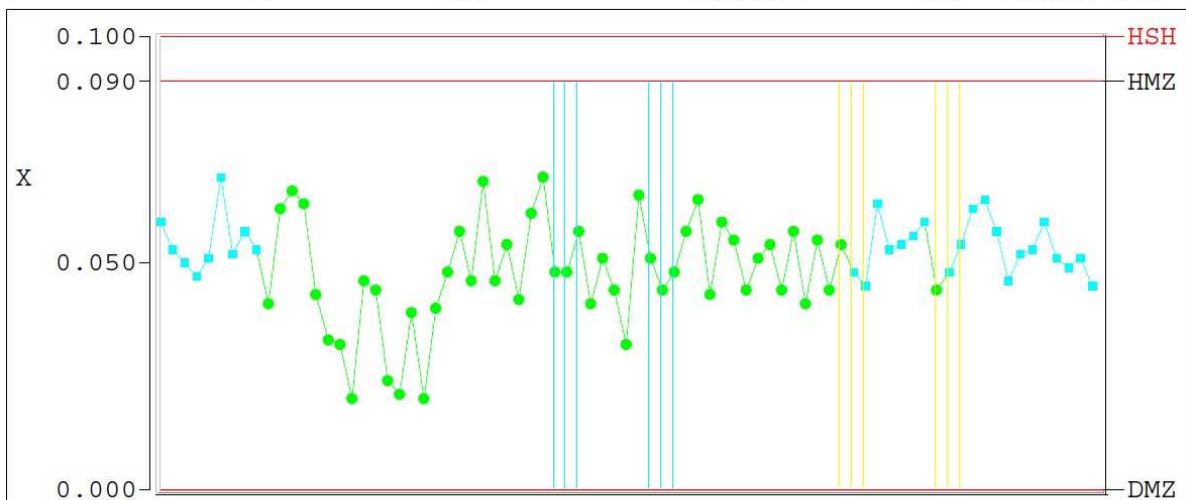
Obr. 24: Umístění polohy malé zadní díry

Hodnocení:

Proces je nestabilní v diagramu X, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry). Nestabilní v diagramu R, vyskytují se zde určité trendy (více jak 9 bodů za sebou leží po jedné straně střední čáry).

Uživatel		Datum a čas	
Hejduk		10. května 2012 6:56	
Číslo výkresu		Odběratel	
02T 301 232 F		KOKI Technik	
Stroj/Kus/Upínací		Důvod	
4/32/4		výroba	
Datum		Jméno	
10.05.2012		Hejduk	
Jméno	Jmen. hodnota	Jednotka	Horní tolerance
Poloha d2,97	0.000	mm	0.100
Dolní tolerance			
Filtr			
20.Apr 12 00:00			

Minimum / Maximum	Sigma ² (Rq)	Větší než horní tolerance	Rozeptí R	Sklen
0.020 / 0.069	0.00889	0	0.049	-0.7503
Ček. střední hodn.	Xq-střední hodnota	Uvnitř tolerance	Standard. odchylka s	Zakřivení
0.0499	0.0498	79	0.01061	3.9191
- 3.0's / + 3.0's		Méně než dolní tolerance	Schopnost	
0.0180 / 0.0817		0	Cp(s)	1.57 Schopný
Velikost skupiny	Interval	Počet měřených hodnot	Kritická schopnost	
1	1/2	79	Cpk(HT)	1.57 Správná poloha



9.14 Zhodnocení kapitoly 9

Ze sestavených regulačních diagramů je zřetelné, že žádný z uvedených rozměrů sledovaných SC znaků není ve statisticky zvládnutém stavu. V diagramu R, nenastal statisticky zvládnutý stav u žádného SC znaku, diagram X byl stabilní ve třech případech (vnitřní průměr levé díry, vnitřní průměr pravé díry, poloha pravé díry). V žádném z uvedených diagramů nebyly překročeny regulační meze, příčinou nestability byl výskyt určitých trendů (více jak 9 bodů za sebou pod nebo nad centrální přímkou). Za systematický vliv, projevující se v diagramu jako tzv. trend, může být považováno naostření obráběcího nástroje na určitou hodnotu tolerance. Hodnoty náměrů, podle kterých byly sestrojeny regulační diagramy jsou uvedeny v příloze 1.

10. PRAKTICKÁ REALIZACE METODY QFD

Potřeby zákazníků jsou v dnešní době široké a rychle se mění. Pokud chceme uspět v konkurenčním prostředí je nutné respektovat přání zákazníka a plnit je prostřednictvím produktů, které se vyrábí. Abychom mohli při práci s QFD pracovat efektivně, musíme získat informace o váze zákaznických požadavků. Zákazníkem odlitku víka řadícího mechanismu, vyráběného ve slévárně Kovolit Modřice, je německá firma KOKI technik. Informace a názory zákazníka na tento výrobek budou zaneseny do diagramu QFD (domu jakosti). Slévárna Kovolit a.s. nemá k dispozici žádný podobný konkurenční výrobek, proto bude dům jakosti pro odlitek 3710 sestaven bez porovnání s konkurenčním výrobkem. Metoda QFD se pro řízení jakosti ve slévárně Kovolit a.s. nepoužívá, v této kapitole půjde tedy o jakýsi možný návrh použití této metody pro odlitek víka řadícího mechanismu 120 3710.

10.1 Požadavky zákazníka a vlastnosti výrobku

Požadavky zákazníka vycházejí z ústního sdělení pracovníka oddělení řízení kvality slévárny Kovolit a z normy ČSN EN 1706, podle níž je odlitek vyráběn.

Materiál	Materiál dle normy ČSN EN 1706, AlSi9Cu3(Fe) (EN AC-46000)
Mech. vlastnosti	Rm = min. 240 MPa
Tvrdost odlitků	min. 80 HB
Povrch odlitků	Víko musí být dodáno obrobené dle výrobního výkresu, nepřipouští se žádné povrchové vady
Homogenita	Výrobek musí být bez bublin a trhlin. Podmínky běžné čistoty
Obrobitelnost	Odlitky bez strukturních vad, které by bránily obrobitelnosti
Kontrola	Rozměrová kontrola SC znaků, doložená formulářem s prokázáním indexu způsobilosti Cpk

Tab. 7: Požadavky zákazníka

Chemické složení	Dle normy, viz. tab. 9
Struktura	Hodnocení struktury dle „Atlas of microstructures of industrial alloys“
Povrch odlitku	Nejsou přípustné povrchové vady. Dle výrobního výkresu
Přídavky na obrábění	Pokud možno co nejnížší, souvisí s využitím kovu

Tab. 8: Vlastnosti výrobku

Chemické složení

Chemické složení slitiny bylo určeno optickým spektrometrem LECO.

Chemické složení [%]						
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn
AlSi9Cu3	8,0 – 11,0	max. 1,2	2,0 – 3,5	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	max. 1,2
Odlitek 120 3710	9,90	0,79	2,4	0,21	0,23	0,7

Tab. 9: Chemické složení odlitku

Materiál víka převodového mechanismu splňuje požadované hodnoty chem. složení.

Struktura a homogenita materiáluMateriál:

AlSi9Cu3(Fe) (EN-AC 46000)

Zkušební zařízení:

STANDARD 30 – přístroj na zalisování vzorků

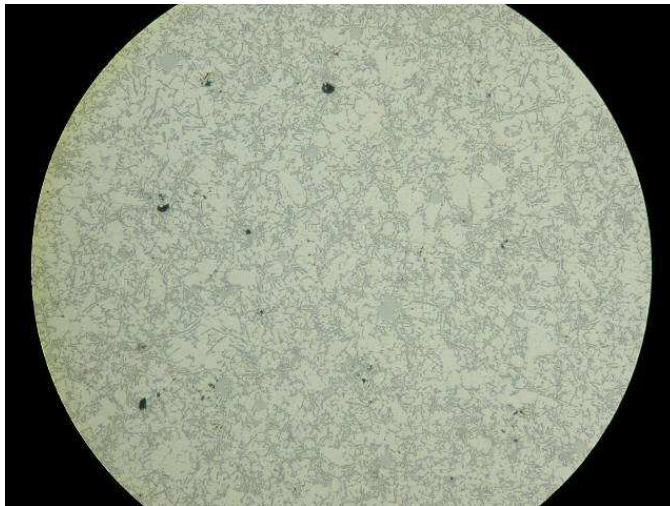
KOMPAKT 1031 – přístroj na broušení a leštění vzorků

APX 010 – automatický nástavec pro přípravu metalografických vzorků

NEOPHOT 32 – mikroskop

Postup:

Plochy výbrusů byly připraveny obvyklým postupem broušením za mokra na metalografických papírech o zrnitosti 120, 600, 800 a 1200 mm a leštěním diamantovou pastou DSM(1µm). Jako smáčedlo pro leštění se použil líh. Obraz byl pořízen pomocí mikroskopu NEOPHOT 32 (zvětšení 250x).

Hodnocení:

Obr. 25: Hodnocení struktury materiálu AlSi9Cu3

Zpracoval: Ing. P. Šiška (Kovolit a.s.)

Struktura **OK** dle „Atlas of microstructures of industrial alloys“.

Materiál splňuje podmínky běžné čistoty, neobsahuje velké množství pórů ani bubliny, splňuje tedy požadavky určené zákazníkem.

Přídavky na obrábění

Odlitý materiál bude obráběn podle výkresu na požadované hodnoty. Průměrná hmotnost hrubého odlitku víka převodového mechanismu je 317 gramů. Konečná hmotnost výrobku po obrobení je 280 gramů. Z těchto hodnot vyplývá, že při obrábění na konečný rozměr a tvar výrobku se odebírá zhruba 12 % materiálu.

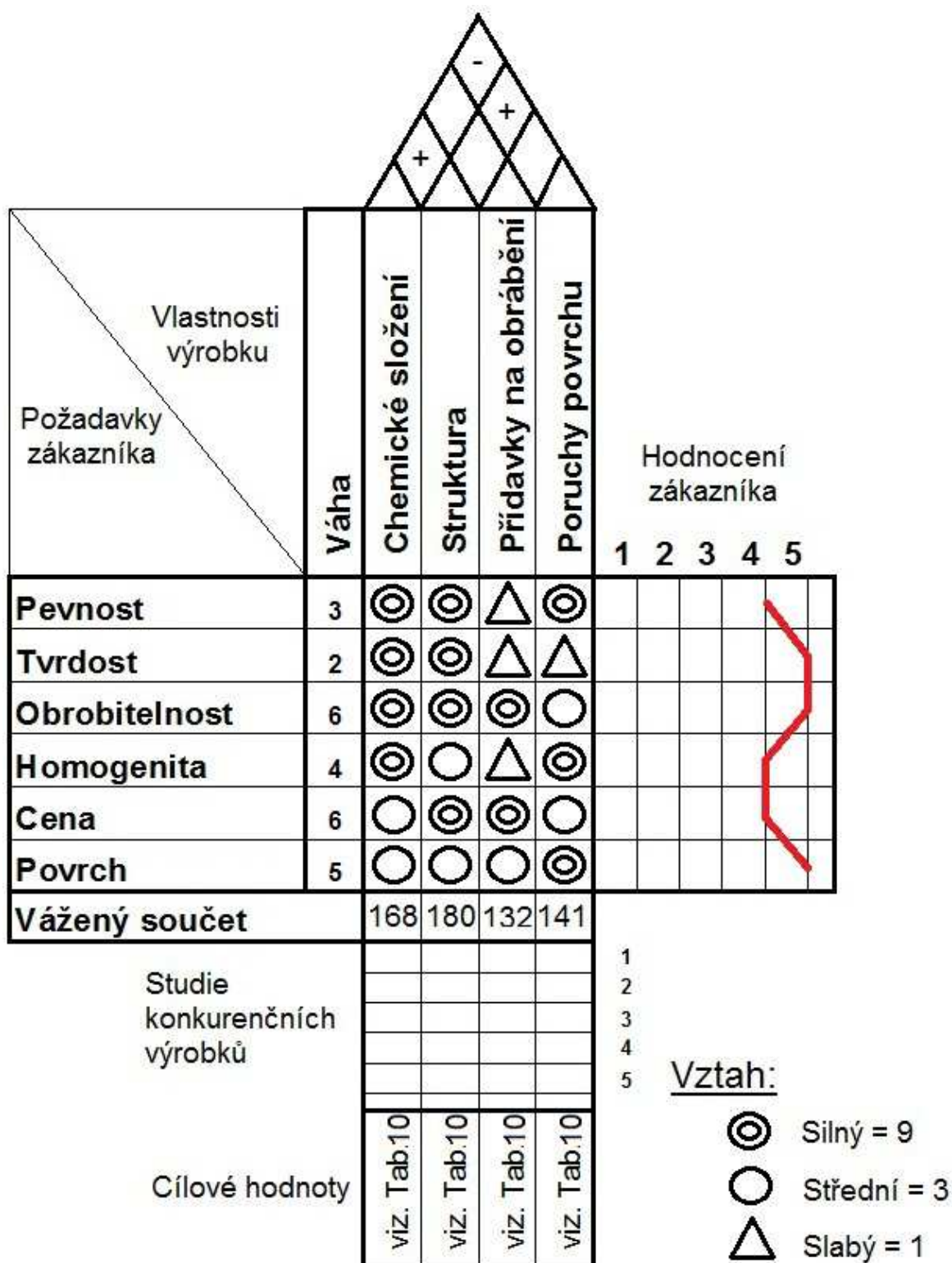
10.2 Sestavení diagramu QFD (domu jakosti)

Podrobný popis postupu sestavení domu jakosti je uveden v kapitole 4.1.4 teoretické části této práce, proto bude sestavení domu jakosti zde popsáno jen stručně.

Nejdříve se do vodorovných řádků domu jakosti přenesou přání a požadavky zákazníka, které jsou znázorněny v tab. 7. Každému požadavku se přiřadí váha závažnosti. Do sloupců se vynesou vlastnosti výrobku, které byly určeny na základě zákaznických požadavků. Vztahy mezi vlastnostmi výrobku a požadavky zákazníka se ohodnotí příslušným symbolem (viz. obr.7). Vztahy mezi jednotlivými vlastnostmi výrobku se zapíše do tzv. „střechy domu jakosti“. Diagram by měl také obsahovat zákaznicko hodnocení našeho a konkurenčního výrobku. Jelikož nebyl k dispozici konkurenční výrobek, bude do diagramu znázorněno pouze hodnocení našeho výrobku. Ze stejného důvodu nebude v diagramu provedena studie konkurenčních výrobků. Poslední částí domu jakosti je vypočítaný vážený součet vlastností výrobku a znázornění cílových hodnot.

Chemické složení	Si	8,0 – 11,0 %
	Fe	max. 1,2 %
	Cu	2,0 – 3,5 %
	Mn	0,1 – 0,5 %
	Zn	max. 1,2 %
	Mg	0,1 – 0,5 %
Struktura	Shoda dle „Atlas of microstructures of industrial alloys“	
Přidavky na obrábění	Snaha o co nejmenší přidavky na obrábění	
Vady povrchu	Žádné vady povrchu nejsou možné	

Tab. 10: Cílové hodnoty pro dům jakosti



Obr. 26: Dům jakosti

10.3 Zhodnocení domu jakosti

Snahou dodavatele by mělo být dosáhnout u hodnocení zákazníka nejvyšší hodnoty (5). Z domu jakosti můžeme vyčíst, že největší pozornost při výrobě odlitku 120 3710 by měla být věnována dosažení vhodné struktury a také dodržení předepsaného chemického složení. Oba tyto znaky dosáhly v diagramu QFD největší hodnoty váženého součtu. Z domu jakosti je také patrné, že nejdůležitějším požadavkem na odlitek víka převodového mechanismu je jeho obrobiteľnosť a samozřejmě i jeho cena (největší hodnota váhy zákazníka). Prodejní cena jednoho kusu tohoto výrobku je dle zjištění z obchodního úseku 2,465 €. Jelikož slévárna nemá žádné informace o konkurenčních výrobcích, není možné porovnat pro zákazníka nejdůležitější ukazatele s jinými výrobky. Získávání informací, nejen od zákazníka, ale hlavně od konkurence je zvláště obtížné, proto je sběr informací jedním ze základních problémů realizace metody QFD.

ZÁVĚR

V teoretické části práce byly rešeršně popsány vlastnosti hliníkových slitin, s důrazem na hliníkové slitiny určené pro tlakové lití, tlakové licí stroje se studenou a teplou licí komorou a základní metody řízení jakosti, jako je FMEA, SPC a QFD. Experimentální část práce byla zaměřena na hodnocení statistického řízení jakosti u tlakově litých odlitků z Al slitiny. Jednalo se o odlitek víka řadícího mechanismu, odléváním pod tlakem ve slévárně Kovolit a.s.

Jako nástroj hodnocení bylo provedeno statistické zpracování kontroly rozměrů 11 sledovaných SC znaků (Special Characteristic - Znak vyžadující zvláštní pozornost, jedná se o SC znaky, které si stanovil sám zákazník).

Jak bylo uvedeno v kapitole 9.14, z regulačních diagramů bylo zjištěno, že ani jeden ze sledovaných SC znaků se nenacházel ve statisticky zvládnutém stavu. V žádném případě nepřekročily hodnoty dané regulační meze, příčinou nestability regulačních diagramů byly objevující se trendy, povětšinou trend devíti a více bodů pod nebo nad centrální přímkou. Protože statistické hodnocení bylo provedeno pouze v malém počtu odlitků (79 kusů), není možné brát tyto závěry jako směrodatné. Aby došlo skutečně k jednoznačnému posouzení stability, muselo by se ke statistickému zpracování použít větší počet odlitků a nejlépe vyvarovat se systematických chyb, jako je například přeastření obráběcího nástroje na horní toleranci, nebo nesprávné upnutí nástroje.

V práci znázorněné metody řízení jakosti FMEA a SPC jsou ve slévárně Kovolit a.s. běžně používány. Pro zvýšení jakosti odlitku víka řadícího mechanismu by mohlo pomoci zavedení a používání metody QFD. Jelikož tato metoda se ve slévárně Kovolit a.s. nepoužívá, část práce byla věnována možnému návrhu zavedení této metody.

Největším problémem při aplikaci metody QFD byla skutečnost, že slévárna nemá doposud žádné informace o konkurenčních výrobcích. Sestavení domu jakosti bylo tedy zpracováno z dostupných informací o odlitku víka řadícího mechanismu, z normy ČSN EN 1706 podle níž je odlitek vyráběn, požadavků zákazníka na tento výrobek a také z hodnocení zákazníka. Ze sestaveného domu jakosti lze vyčíst, že největší pozornost při výrobě odlitku víka řadícího mechanismu by měla být věnována dosažení vhodné struktury a také dodržení předepsaného chemického

složení. Oba tyto znaky dosáhly v diagramu QFD největších hodnot váženého součtu.

Sestavený dům jakosti je potřeba brát pouze jako možný návrh, který by bylo nutné dále zdokonalovat, zavedením dalších vlastností odlitku, ale hlavně neustálým sběrem informací o požadavcích zákazníka, stejně jako shromažďování informací o konkurenčních výrobcích.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Wikipedia encyklopedie. Hliník. [online]. Poslední aktualizace 2012-04-04 [cit.2012-05-04]. Dostupné z: < <http://cs.wikipedia.org/wiki/Aluminium> >
- [2] MICHNA, S., aj. *Encyklopedie hliníku*. 1. vyd. Dečín: ALCAN, 2005. 699 s. ISBN 80-89041-88-4.
- [3] ROUČKA, J. *Metalurgie neželezných slitin*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 148 s. ISBN 80-214-2790-6.
- [4] Nová, I. : Rozvoj tlakového lití. *MM průmyslové spektrum* [online]. 2004, roč. 4, č. 5 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z <http://www.mmspektrum.com/clanek/rozvojtlakoveho-liti>>.
- [5] PTÁČEK, L., aj. *Nauka o materiálu II* . 2. upr. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 392 s. ISBN 80-7204-248-3.
- [6] Periodická tabulka prvků. Hliník. [online]. Poslední aktualizace 2012-03-02 [cit.2012-03-05]. Dostupné z: < <http://www.prvky.com/13.html>>
- [7] BARTES,F. *Řízení jakosti*. Skripta VUT. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 127s. ISBN 80-7355-056-3.
- [8] BARTES,F. *Jakost v podniku*. Skripta VUT. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. 89s. ISBN 978-80-214-3362-5.
- [9] MIZUNO, S. *Řízení jakosti*.1.vyd.Praha:VICTORIA PUBLISHING,1988.301s. ISBN 80-85605-38-4
- [10] BANATOVÁ, R. *Řízení jakosti ve výrobě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2008. 67 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. František Bartes, CSc.
- [11] RÁČKOVÁ, L. *Návrh statistické regulace pro odlitky z Al slitin*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003. 115 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jaroslav Čech, CSc.
- [12] KOŘENÝ, R., GRÍGEROVÁ, T. *Zlívárénstvo neželezných kovov*. Bratislava: ALFA, 1988
- [13] ČECH, J., BAŘINOVÁ, D., ZEMČÍK, L. Experimental and simulated evaluation of the quality of pressure and squeeze castings. *ARCHIVES OF FOUNDRY* 2002. Katowice, Poland, 2002, str.25 – 33
- [14] HAVLÍČKOVÁ, J. *Využití simulace pro predikci vad a hodnocení vlastností u tlakově litých odlitků z Al slitin*. Diplomová práce v oboru „Strojírenská technologie“. Brno: VUT-FSI, Ústav strojírenské technologie. 2011. 94 s.
- [15] ČECH, J. *Aplikace metod QFD a metod SPC pro kvalitu odlitků vyráběných odstředivým litím*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003. 72 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jaroslav Čech, CSc.
- [16] ČSN ISO 8258:1994. *Shewhartovy regulační diagramy*. 1994