

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R088 Podniková ekonomika a management provozu

**ZHODNOCENÍ VYBRANÝCH TECHNOLOGIÍ
ZUŠLECHŤOVÁNÍ KOMPONENTŮ PRO
AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL**

Norbert HAMPL

Vedoucí práce: Ing. Josef Bradáč, Ph.D.

Tento list vyjměte a nahradte zadáním bakalářské práce

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne 4. 12. 2015

Děkuji panu Ing. Josefu Bradáčovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, poskytování rad a informačních podkladů. Dále děkuji paní Ing. Zuzaně Belánové za poskytnuté informace.

Obsah

Úvod.....	7
1 Automobilové komponenty a jejich výroba.....	8
1.1 Převodovka MQ100.....	9
1.2 Převodovka MQ200.....	9
1.3 Komponenty převodovky.....	11
2 Způsoby zušlechťování komponentů	12
2.1 Cementace.....	13
2.2 Kalení.....	15
2.3 Kalicí média.....	18
2.4 Popouštění.....	19
2.5 Chemicko tepelné zpracování	19
2.6 Vakuové pece	20
3 Analýza vybraných technologií zušlechťování	21
3.1 Atmosferická cementace s kalením v oleji.....	22
3.2 Vakuová cementace s kalením v přetlaku plynu	23
3.3 Porovnání z hlediska časů	25
3.4 Porovnání z hlediska teplot	27
3.5 Porovnání z hlediska kalicího média	29
3.6 Porovnání z hlediska kvality komponentů	29
4 Zhodnocení.....	30
Závěr	33
Seznam literatury	34
Seznam obrázků a tabulek.....	36
Seznam příloh	37

Seznam použitých zkratk a symbolů

CHTZ	chemicko tepelné zpracování
ALD	název firmy vyrábějící pece pro chemicko tepelné zpracování
CO ₂	oxid uhličitý
A ₁	překryštalizační teplota
Fe	železo
Fe ₃ C	sloučenina železa a uhlíku

Úvod

V dnešní době hraje nedílnou součást výroby automobilů a nejen jich, právě zušlechťování komponentů. Jedná se o proces, který je tvořen celou řadou po sobě následujících kroků. Cílem tohoto procesu je zvýšení a zlepšení požadovaných vlastností finálního produktu. Na zmíněné komponenty jsou kladeny čím dál větší nároky a to ve všech ohledech.

Bakalářská práce „Zhodnocení vybraných technologií zušlechťování komponentů pro automobilový průmysl“ se zabývá porovnáním dvou metod chemicko tepelného zpracování. První z nich je atmosférická cementace s následným kalením v oleji. Druhou je vakuová cementace s kalením v přetlaku plynu. Téma práce bylo zvoleno na základě absolvování povinné praxe na oddělení VKT3 ve ŠKODA AUTO. Další z faktorů, které ovlivnily výběr tématu, byly možnosti uplatnění technologií v praxi. Práce je proto systematicky rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické. Teoretická část se věnuje automobilovým komponentům a jejich výrobě se zaměřením na manuální převodovky. V práci jsou popsány způsoby zušlechťování jako například cementace, kalení a popouštění. V závěrečné části je uvedena analýza vybraných technologií.

V současné době se nejvíce používá atmosférická cementace s kalením v oleji a vakuová cementace s kalením v plynu.

Cílem bakalářské práce je zhodnocení obou porovnávaných technologií. Za hlavní porovnávací kritéria byla zvolena kvalita výroby, celkový čas procesu, výrobní teplota, pořizovací ceny a doplňování kalicích médií.

1 Automobilové komponenty a jejich výroba

Pod pojmem automobilové komponenty můžeme rozumět všechny díly, které tvoří automobil jako celek, počínaje nejmenšími součástkami, jakými jsou šroubky, matičky a podložky až k největším dílům, jakými jsou například bloky motorů, nápravy a části karoserií. Většina komponentů je předmontována do celků a následně se montují do automobilů. Ne všechny díly jsou vyráběny samotnými automobilkami, některé jsou již dodávány předpřipravené od dodavatelů. Oproti tomu díly, jako motory, převodovky a nápravy jsou většinou vyráběny samotnými automobilkami. Většina z těchto dílů jsou tvořeny komponenty, které prochází procesy opracování a zušlechťování. Na každý díl jsou kladeny jiné nároky a vlastnosti, které jsou zapotřebí (ŠKODA AUTO, 2015).

Problematikou zušlechťování komponentů, zvláště komponentů převodovek, motorů a náprav se zabývá ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. (dále jen „ŠKODA AUTO“) oddělení VKT. Jedná se o útvar, který má na starost výrobu komponentů jak pro motory, převodovky, tak i pro nápravy vozů Škoda. Úkolem tohoto útvaru je také starost o údržbu strojů a zařízení, obrábění, správu technologických postupů a technickou kontrolu obrábění. Tento útvar se dělí na podkategorie: Procesní technika, servis nářadí, Technologie výroby komponentů, Technická kontrola výroby komponentů a Centrální údržba. Na problematiku zušlechťování komponentů se zaměřuje oddělení s označením VKT3. Zmíněné oddělení má na starost nejen problematiku zušlechťování, ale také se zabývá zpracováváním technických zadání a výběrem možných nákupů zařízení, strojů a technologií. Součástí je zpracovávání technické dokumentace jak pro sériovou výrobu, tak i pro specifické díly. Úkolem je vyrobit takový díl, který bude dodán v požadovaném čase, v co nejlepší kvalitě a za přijatelnou cenu (Interní materiály ŠKODA AUTO).

Výše zmíněné oddělení VKT3 se zabývá výrobou komponentů do dvou typů manuálních převodovek s označením MQ100 a MQ200 (Interní materiály ŠKODA AUTO). Převodovka ve voze slouží k přenesení či dlouhodobému přerušení točivého momentu na kola. To vše probíhá za pomoci převodů, které stupňovitě nebo plynule umožňují změnu rychlostních stupňů. Díky tomu jsou převodovky rozděleny na stupňové a plynulé. Stupňové jsou tvořeny ozubenými koly nebo ozubenými planetovými koly a rychlostní stupně jsou u tohoto typu převodovek

řazeny ručně zapomocí vypnutí spojky. Druhým typem jsou plynulé převodovky, u kterých není zapotřebí spojky. U tohoto typu převodovek jsou rychlostní stupně řazeny automaticky bez přerušení přenosu hnacího momentu. Pro oba typy je hlavním účelem umožnit změnu převodu mezi motorem a hnacími koly. Je zde důležité, že i převodovka musí splnit účel zpětného chodu, tzv. couvání. Další dělení převodovek je závislé na počtu hřídelí. Z toho plyne dělení na dvouhřídelové a tříhřídelové, někdy také nazývané koaxiální. Nejen počet hřídelí je důležitý. Roli hraje také to, zda jsou hřídele souosé či nesouosé. Hlavním kritériem pro použití těchto převodovek je uložení motoru - nesouosé převodovky jsou použity ve vozidlech, kde je motor uložen příčně ve směru jízdy, naopak souosé převodovky najdeme ve vozech, u kterých je motor uložen podélně (VLK, 2000).

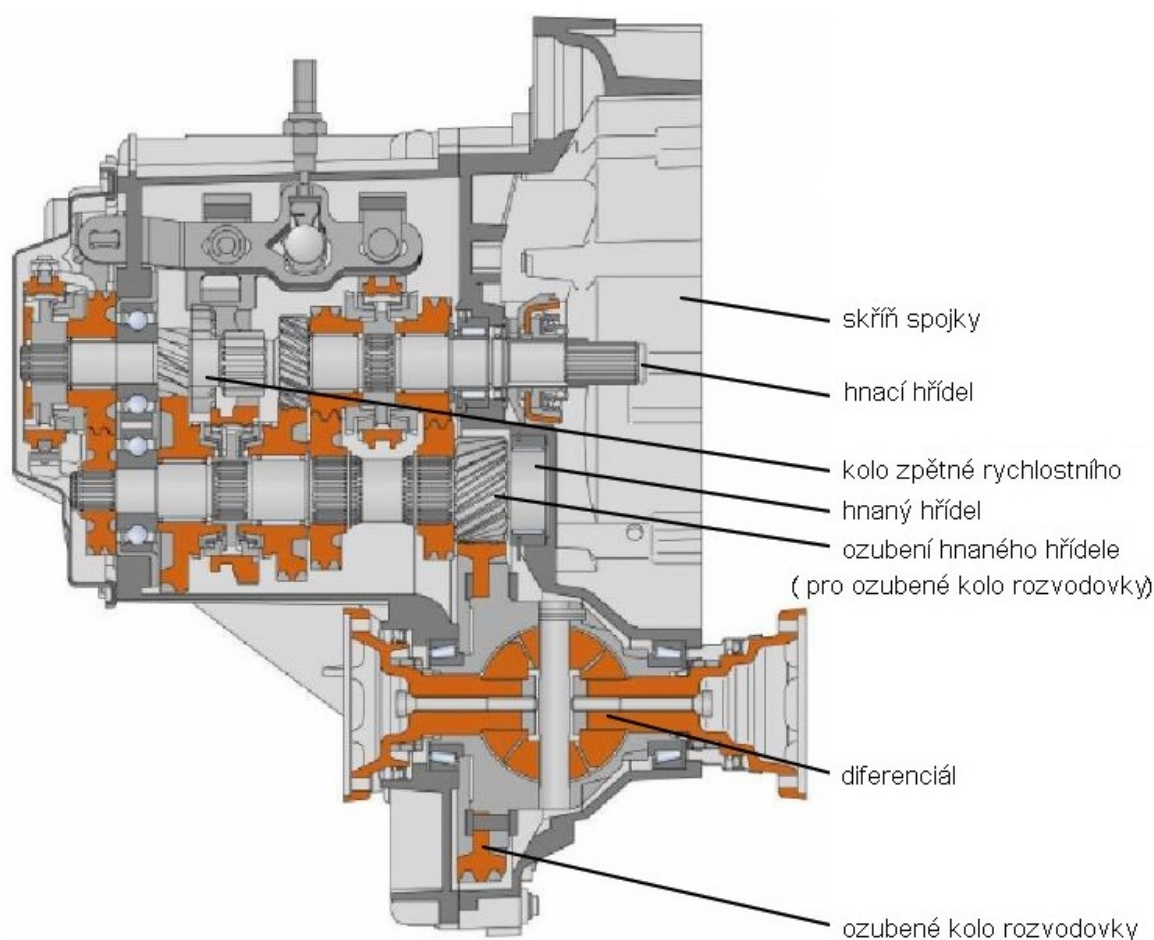
1.1 Převodovka MQ100

Bakalářská práce se zaměřuje především na převodku MQ100, neboť při absolvování povinné praxe jsem mohl nahlédnout do procesu její výroby. Jedná se o nejmenší převodovku vyráběnou ve ŠKODĚ AUTO, která je montovaná do vozů s motorizací o obsahu 1,0 litru s výkonem 44 nebo 55kw. Tato převodovka je použita konkrétně v modelech koncernu Citigo, Fabia, Up, Fox, Mii a Polo (ŠKODA AUTO, 2007). Zde se liší pro určité motorizace pouze zpřevodováním stálého záběru. Jedná se o pětikvltovou převodovku, která je určena pro vozy s předním náhonem. U výroby této převodovky byl kladen důraz na celkovou hmotnost převodovky a kompatibilitu. Pro zajímavost hmotnost této převodovky se pohybuje okolo 28 kg, obal převodovky je tvořen ze slitiny hliníku a je smontována ze dvou částí v příčném dělení. Uvnitř najdeme dvě hřídele, které jsou uloženy ve válečkovitých ložiscích, tzv. volném uložení. Převodová kola, která umožňují pohyb dopředu, jsou opatřena synchronizací a jsou na hnaném hřídeli. Na rychlostních stupních, které umožňují posun dopředu, jsou frézována šikmá ozubení. Na soustavě převodových kol zpětného chodu je vyfrézována kombinace přímého a kónického ozubení. Převodovka je tvořena nejen skříní, ale také ozubeným rozvodovým kolem s diferenciálem (ŠKODA Service, 2012).

1.2 Převodovka MQ200

Zmíněnou převodovku můžeme rozdělit na dva typy, a to typ s označením 5F a typ 6F. Označení čísla s písmenem F nám napovídá, kolik má převodovka

rychlostních stupňů. Od převodovky MQ100 se převodovka MQ200 liší také hmotností, neboť ta se u tohoto typu pohybuje okolo 33 kg u pětistupňové a 39,5 kg u šestistupňové. Tato převodovka je využívána ve vozech s motorizací od obsahu motoru 1,2 do 1,8 litru a to konkrétně ve vozech koncernu jako jsou Fabia, Rapid, Roomster, Octavia, Yeti, Superb, Polo, Golf, Fox a v některých modelech Audi. Zde se výkon pohybuje v rozmezí 44kw až 92kw. Pro představu 2,3 litru oleje tvoří náplň šestistupňové převodovky (ŠKODA AUTO, 2007). Schéma převodovky MQ200 je zobrazeno na obrázku č. 1.



Zdroj: ŠKODA AUTO, 2007

Obr. 1 Schéma převodovky MQ200 s popisem

1.3 Komponenty převodovky

Převodovka obsahuje komponenty, jakými jsou hnací hřídel, hnaná hřídel, ozubená kola a hnané kolo rozvodovky, viz obrázek č. 2. Všechny díly, ze kterých se převodovky skládají, a které budou níže popsány, procházejí fází zušlechťování tak, aby získaly potřebné vlastnosti (ŠKODA AUTO, 2007).

Pomocí **hnací hřídele** je točivý moment z motoru přenášen do převodovky díky dvojici ozubených kol. Hřídel je uložena ve volném uložení pomocí válečkových ložisek. Z důvodu snížení hmotnosti dílu jsou navrtány slepé díry v ose. Z hlediska výroby se jedná o velice složitý proces. Hřídel prochází operacemi, které následují takto za sebou: navrtání, soustružení, obrázení, praní, obrábění, frézování, válcování, praní, vrtání, švingování, praní, kalení, pískování, rovnání, broušení, praní, kontrola a následná montáž. Hnací hřídel je z důvodu zjednodušení montáže a následného servisu montována do modulu. Celý modul je tvořen z držáku ložisek, hnacího a hnaného hřídele se soustavami ozubených kol.

Hnaná hřídel je také označován jako pastorek. Pomocí hnané hřídele je točivý moment přenášen přes ozubené kolo rozvodovky na diferenciál a následně pomocí kol automobilů na vozovku. Uložení hnané hřídele je na jednom konci pevně a na druhém konci volně. Z důvodu úspory hmotnosti je i hnaná hřídel odlehčená, tato hřídel je totiž dutá. Je zde velice důležité, že všechna převodová kola jsou osazena na jehlových ložiscích. Ozubená kola předního chodu jsou v neustálém záběru. I tento díl prochází při výrobě nejen fázemi zušlechťování, ale také broušením, navrtáním, soustružením, frézováním, válcováním, vrtáním, praním, odgrotováním, praním, kalením, rovnáním, broušením, praním, pískováním, praním, kontrolou a konečnou montáží.

Za pomocí **ozubených kol** je umožněn pohyb dopředu, jelikož jsou opatřena šikmým ozubením. Na rozdíl od toho je kolo zpětného chodu opatřeno kombinací přímého a kónického ozubení. Ozubená kola dělíme na 1. - 2. rychlost, 3. - 5. rychlost Schaltrad a 3. - 5. Rad. I ozubená kola procházejí fázemi, jakými jsou soustružení, obrábění, praní, frézování, odgrotování, praní, kalení, pískování, praní, broušení, praní, kontrolou a montáží. Jediné ozubené kolo prochází menším počtem opracování.

Rozvodové neboli **hnané kolo rozvodovky** je součástí diferenciálu. Kolo je zde nalisováno a přichyceno pomocí šestice nýtů. Proces výroby probíhá v následujícím pořadí: soustružení, frézování, ševingování, praní, kalení, pískování, praní a následná montáž (ŠKODA AUTO, 2007; VLK, 2006).



Zdroj: ŠKODA AUTO, 2007

Obr. 2 Přehled vybraných komponentů převodovek

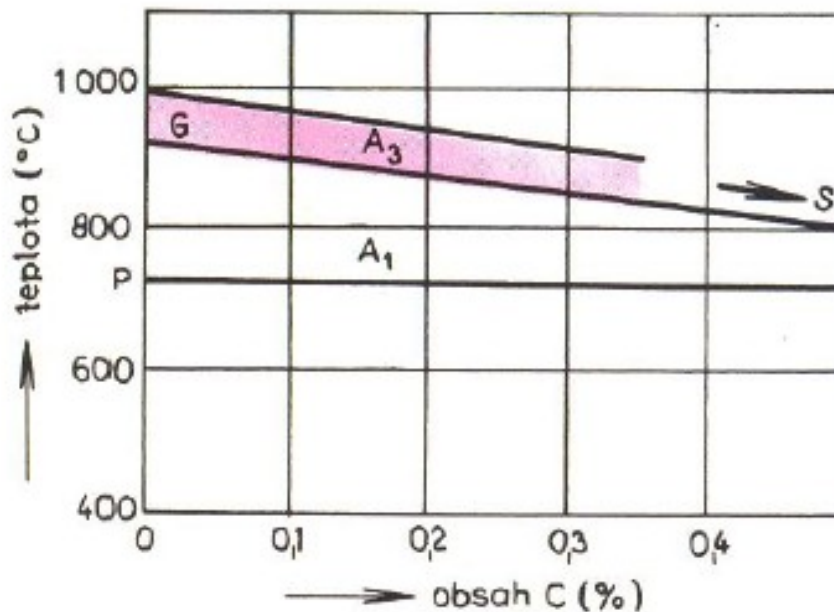
2 Způsoby zušlechťování komponentů

U komponentů v převodovkách je kladen velký důraz především na vlastnosti, jakými jsou vysoká odolnost proti opotřebení a pevnost. Tyto vlastnosti získáváme pomocí zušlechťování. V dnešní době je nejvýznamnější a nejpoužívanější úprava pomocí atmosferické cementace plynem a následující kalení v olejích. Tyto postupy vedou ke zvýšení pevnosti a tvrdosti. Pro tento druh komponentů se

nejvíce hodí zušlechťování pomocí kalení do oleje a nová technologie pomocí kalení v přetlaku plynu.

2.1 Cementace

Jedná se o proces, při kterém je povrch daného dílu sycen uhlíkem v tuhém, kapalném a plynném prostředí. Tuto procesu se také někdy říká nauhličení. Hlavním úkolem cementace je obohatit uhlíkem povrch součástky s nízkým obsahem uhlíku. Poté se daný díl zakalí (CHOTĚBORSKÝ, 2006). Hloubka cementační vrstvy se většinou pohybuje do 1 mm, ve výjimečných případech i nad 2 mm. Tento celý proces se odehrává při teplotách v rozmezí 850 až 1050 °C. Jsou i případy, kdy se využívá teplot až okolo 1150 °C, ale zde je zapotřebí použití jemnozrnných ocelí, které jsou odolné proti hrubnutí (KŘÍŽ, 2009). Pokud se zvyšuje teplota, cementace se urychluje. Použití výše uvedených teplot se odvíjí od toho, jaký druh ocele je použit. Pro cementaci jsou nejvíce využívány oceli s nízkým obsahem uhlíku. Mezi tyto oceli jsou zařazovány uhlíkové oceli, legované oceli, chromové oceli, chrommanganové oceli a chromniklové oceli. Správnou volbou typu ocelí dosáhneme potřebné pevnosti a tvrdosti a houževnatosti jádra (PLUHAŘ, 1989). Další vlastností, které dosáhneme za pomoci zvyšující se teploty, je i hloubka nauhličené vrstvy, která roste, ale existuje zde mez určité teploty, od které už nedochází k růstu nauhličené hloubky, nýbrž k poklesu. Celkový proces lze rozdělit na dvě fáze. První je fáze sycení, která má za úkol nasycení povrchu uhlíkem. Druhá fáze má za úkol difundovat uhlík do jádra materiálu, z čehož pramení název difuze (KRAUS, 2005).



Zdroj: Bothe, 1979

Obr. 3 Část rovnovážného diagramu Fe – Fe₃C s vyznačeným pásmem obvyklých cementačních teplot

Dalším velice důležitým faktorem při cementaci je čas. Doba cementování má zásluhu nejen na hloubce cementované vrstvy, ale také na obsahu uhlíku v ní (JECH, 1983). To vše podléhá výběru cementačního prostředí, které může být, jak již bylo výše zmíněno, tuhé, kapalné či plynné. Mezi nejvíce používaný postup patří přenos hmoty v plynné fázi. Nejpomaleji dosáhneme cementace v prášku a naopak nejrychleji ve vakuu.

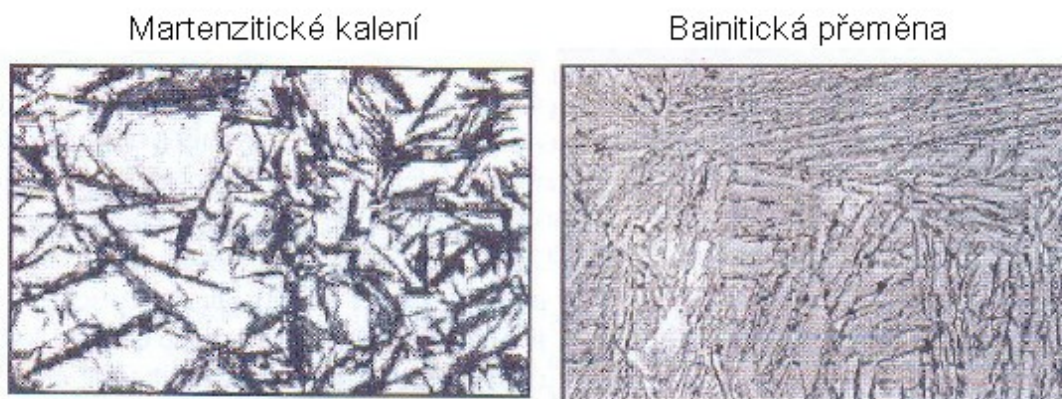
Dalším důležitým kritériem je výběr cementačních médií. Jako nejstarší technologii můžeme označit cementování v prášku. Při výběru tohoto média musíme počítat s problémem nerovnoměrné cementované vrstvy. Dalším médiem je cementace v kapalném prostředí, která je bohužel omezena velikostí nádrží. Cementace v řízené plynné atmosféře využívá plynů, jakými jsou butan, metan, acetylen, cyklohexan, propan, jedná se o metodu s vyšší účinností. Posledním médiem je vákuum. V dnešní době se jedná o nejproduktivnější metodu, jejíž hlavní výhodou je to, že cementace probíhá za vyšších teplot než v předchozích případech. Jak už bylo uvedeno, můžeme použít následující rovnici: vyšší teplota = kratší čas na cementaci. Kratší čas však s sebou nese i rizika deformací

cementovaných dílů. Po posledním kroku, kterým je difuze, dochází k poklesu a následnému kalení (CHOTĚBORSKÝ, 2006).

2.2 Kalení

Následně po cementaci oceli dochází ke kalení a popouštění. Je to nejvýznamnější způsob tepelného zpracování, jehož cílem je dosažení stavu odlišného od rovnovážného stavu oceli. Na základě převažující strukturní složky jsme schopni dělit kalení na martenzitické a bainitické, a to z důvodu vzniku výsledné struktury martenzit nebo bainit. Tyto struktury jsou zobrazeny na obrázku č. 4. Pokud dosáhneme při dostatečném ochlazování z austenitizační teploty martenzitickou strukturu, můžeme tyto oceli označit jako kalitelné. Při většině kalení je našim cílem právě dosažení této struktury. Existují tak oceli, které jsou nekalitelné. Většinou se jedná o vysokolegované oceli (HORÁČEK, 2000).

Kalitelnost je stav, kdy ocel dosáhne nerovnovážného stavu, tento stav je ovlivněn jak tvarem, tak velikostí předmětu, intenzitou ochlazování kalicího prostředí, chemickým složením oceli a podmínkami austenitizace. Dalšími důležitými sledovanými parametry jsou zde zakalitelnost a prokalitelnost oceli.



Zdroj: Ptáček, 2003

Obr. 4 *Struktura oceli získaná pomocí Martenzitického kalení a Bainitické přeměny*

Zakalitelnost „je schopnost oceli nabýt určité nejvyšší tvrdosti zakalením. Zakalitelnost je proto možno usuzovat na základě změření tvrdosti vzorku, který byl ochlazován nadkritickou rychlostí“ (HORÁČEK, 2000, str. 26).

Naproti tomu **prokalitelnost** „je schopnost oceli dosáhnout této tvrdosti,“ (HORÁČEK, 2000, str. 26) odpovídající její zakalitelnosti v určité hloubce pod povrchem kaleného výrobku. K určení prokalitelnosti se používá mnoho metod. „Jejich velký počet souvisí s širokým rozsahem kritických rychlostí ochlazování používaných ocelí“ (PLUHAR 1989, str. 322). Mezi nejvíce využívanou zkoušku prokalitelnosti patří zkouška Jamminyho. Tato zkouška je specifická pro středně prokalující se oceli.

Hlavními kritérii pro výběr **způsobu kalení** jsou druh použité oceli, její velikost, tvar a hlavně požadované vlastnosti, kterých chceme docílit. Mezi základní dělení z hlediska struktury patří martenzitické a bainitické kalení. U obou typů kalení, je zapotřebí, jak přetržité, tak nepřetržité ochlazování z kalicí teploty. Pokud chceme snížit vnitřní pnutí a předejít deformacím kalených dílů, využíváme různé modifikace přetržitých ochlazování a to za pomoci teplé lázně nebo prostředí o pokojové teplotě. Mezi základní typy kalení patří Martenzitické kalení do studené lázně, přerušované neboli lomenné kalení, termální kalení, izotermické zušlechťování a kalení se zmrazováním. Dále budou v textu tyto typy blíže popsány.

Martenzitické kalení do studené lázně – jedná se o nejjednodušší a nejpoužívanější způsob kalení. Tento způsob dělíme na dva typy, a to buď ochlazení ve vodě či v oleji. Ochlazení ve vodě používáme pro uhlíkové ocele, naopak nízkolegované a středně legované oceli kalíme v oleji.

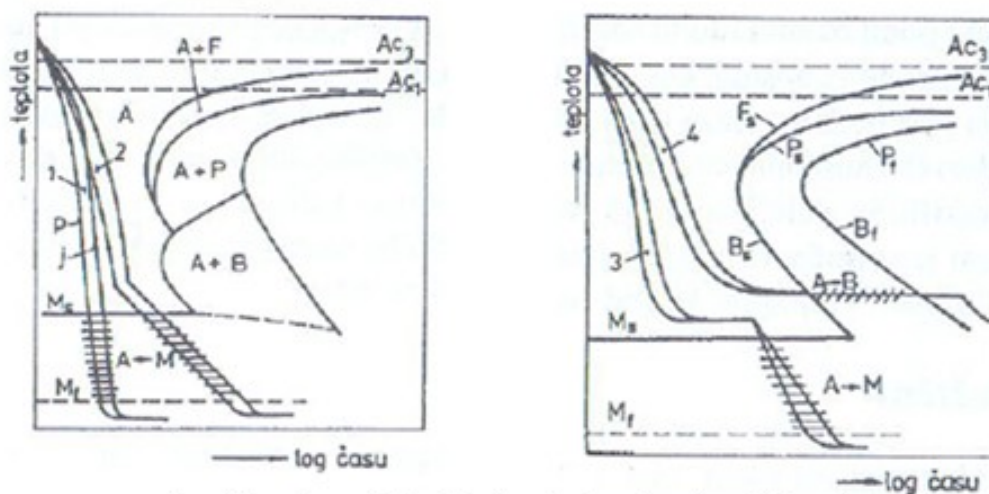
Přerušované neboli lomenné kalení – při tomto kalení dochází k intenzivnímu ochlazování ve vodě a následovnému přenesení do olejové lázně. Díky oleji, ve kterém je předmět mírně ochlazován, dochází k martenzitické přeměně. Nejdůležitějším okamžikem při tomto kalení je, když přenášíme díl z vody do oleje. Tetnto druh je využíván při kalení velkých či tvarově složitých dílů.

Termální kalení - při tomto způsobu dochází k ochlazení v lázni a následovnému přenesení na vzduch. Díky zchlazení na vzduchu dochází k martenzitické přeměně. Následně po těchto úkonech je zapotřebí díly popouštět. Tento způsob se využívá pro nástrojové, uhlíkové a nízkolegované oceli.

Izotermické zušlechťování - shodným specifickým rysem s termálním kalením je, že dochází k ochlazování daného předmětu v lázni. Využívá se lázni

zpravidla solných a kovových. Teplota se pohybuje mezi 300°C - 400°C v oblasti bainitické přeměny. Dále je předmět přenesen ke zchlazení na vzduch. Na rozdíl od termálního kalení není zapotřebí popouštět. Celý proces je založen na znalosti diagramu IRA. Diagram IRA nám znázorňuje izotermický rozpad austenitu při prudkém ochlazení. Rozpad nám znázorňuje ochlazování na rovnovážné strukturní složky (perlit, ferit, sekundární cementit) a také na nerovnovážné složky, jakými jsou například bainit a martensit. Tvar křivek v diagramu je ovlivněn chemickým složením.

Kalení se zmrazováním – jak již nadpis prozrazuje, dochází zde k přenesení do prostřední, kde se teplota pohybuje pod 0°C. Tento proces je specifický pro ocele, u kterých je kladen důraz na tvrdost a odolnost proti opotřebení (HORÁČEK, 2000; PTÁČEK, 2003). Schéma způsobů kalení je uvedeno na obrázku č. 5.



- 1 - Martenzitické kalení do studené lázně
- 2 - Lomené kalení
- 3 - Termální kalení
- 4 - Izotermické zušlechťování

Zdroj: PTÁČEK, 2003

Obr. 5 Schématické znázornění způsobů kalení

Za další typ kalení lze také považovat tzv. **povrchové kalení**, které je typické tím, že se kalí v malé hloubce materiálu se stejným cílem, který představuje dosažení zvýšené tvrdosti materiálu. Proces probíhá tak, že materiál je prudce

ohřán a následně rychle zchlazen. Nejčastěji se využívá ocelí s obsahem uhlíku 0,45 – 0,6 %. Rychlého ohřátí dosáhneme za pomoci dvou způsobů. Za prvé elektroindukčním, za druhé vysokoteplotním plamenem. Velký důraz je zde kladen na dobu ohřevu, jelikož má za následek tloušťku zakalené vrstvy. Výhodou při tomto procesu kalení je možnost zakalit i litinu (PTÁČEK, 2003).

2.3 Kalicí média

Dalším velice důležitým prvkem při procesu kalení je výběr kalicího média. Ve vakuovém tepelném zpracování jsou nejvíce využívány následující plyny: argon, vodík, hélium a dusík. Každý z těchto plynů má své specifické vlastnosti, avšak za nejdůležitější z nich můžeme označit tepelnou vodivost, tzv. ochlazovací schopnost média.

Nejvíce využívaným plynem byl **argon**, který je momentálně nahrazen jinými plyny z důvodu vysoké pořizovací ceny. Mezi hlavní vlastnosti tohoto plynu patří bezbarvosť, nehořlavosť, teplota varu při $-185,9^{\circ}\text{C}$ a také to, že je bez zápachu.

Mezi další významné plyny patří **vodík**. Tento plyn specifický svou hořlavostí je využíván pouze za dodržování bezpečnostních opatření. Vodík je nejlehčím plynem, který se nachází v nízké koncentraci ve vzduchu. Spolu s argonem má společné následující vlastnosti – je bez zápachu, bez chuti a bezbarvosť, bod varu je však až při teplotě $-252,8^{\circ}\text{C}$.

Dalším plynem je **hélium**, které je druhým nejlehčím plynem po vodíku. Výhodu oproti předcházejícímu plynu má v rychlosti ochlazování, což má za následek snížení celkového času cyklu. Mezi hlavní nevýhody tohoto plynu patří vysoká pořizovací cena, která je ovlivněna tím, že je tento plyn vyčerpateľný. Další důležitou vlastností hélia je bod varu, který je nejnižší, a to $-268,9^{\circ}\text{C}$.

Posledním zmíněným plynem vhodným jako kalicí médium je **dusík**. Protože je dusík obsažen ve velké míře v atmosféře, odkud ho také získáváme, je jeho cena velmi nízká. Nejen díky nízké ceně, ale i pro schopnost spotřebovávání tepla z okolí, které napomáhá k jeho ochlazování, je hojně využíván. Jako již všechny zmíněné plyny je také bezbarvý, bez zápachu a nehořlavý. K varu dochází při teplotě -196°C (HEERING, 2012; PLUHAŘ, 1989; Interní materiály ŠKODA AUTO). Základní vlastnosti kalicích medií jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tab. 1 Vlastnosti kalících medií

kalící média	vlastnosti			
	bod varu [°C]	tepelná kapacita [J/Kg/K]	tepelná vodivost [W/m/K]	hustota v kapalném stavu [g/cm ³]
Argon	-185,87	0,5024	0,0177	1,394
Vodík	-268,93	14,3000	0,1869	0,125
Hélium	-195,79	5,1931	0,1500	0,807
Dusík	-252,87	1,0410	0,0259	0,0708

Zdroj: HEERING, 2012

2.4 Popouštění

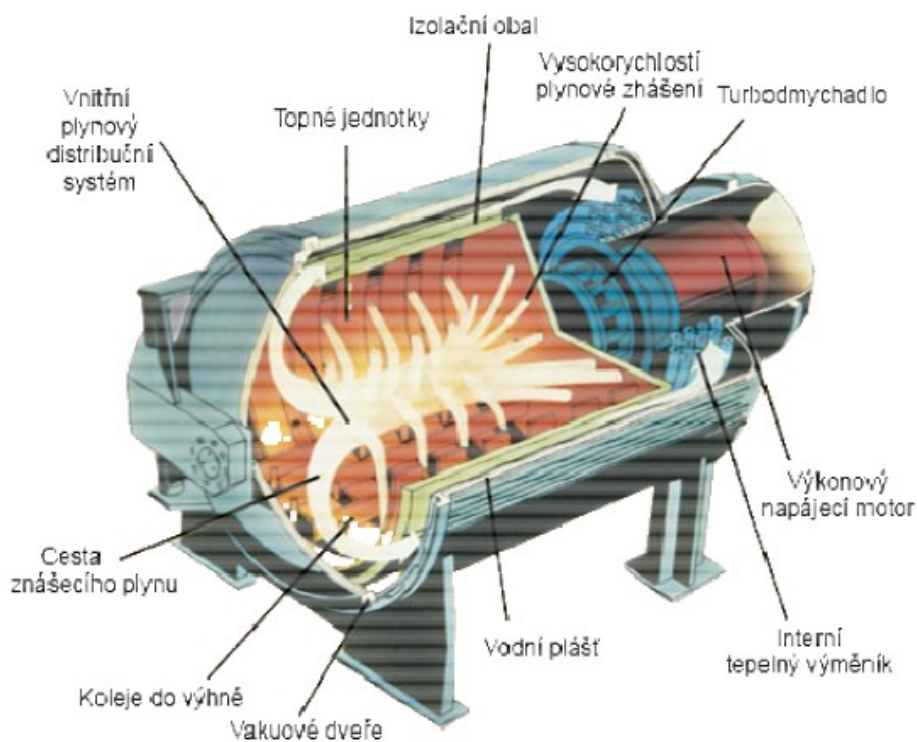
Ve většině případů tepelného zpracování dochází po procesu kalení k popouštění. Je to proces, kdy je materiál ohřán na teploty nižší než A_1 , kde setrvá a je následně ochlazován vhodnou rychlostí. Teplotu A_1 můžeme charakterizovat jako eutektoidní teplotu systému železa. Velice důležitým kritériem je, aby byl materiál popouštěn ihned po zakalení, aby se předešlo vnitřnímu pnutí v materiálu, které by mohlo mít za následek popraskání zakaleného předmětu. Rozmezí teplot, při kterých je materiál popouštěn, se pohybují většinou v rozmezí 100 – 300 °C. V tomto rozmezí jsou popouštěny nástrojové a konstrukční oceli. Druhým typem je popouštění, které probíhá v rozmezí teplot 400 - 650°C, což je typické pro ušlechtilé konstrukční oceli. Cílem popouštění je snížení pnutí uvnitř materiálu a obsahu austenitu (PTÁČEK, 2003; VOJTĚCH, 2010).

2.5 Chemicko tepelné zpracování

Chemicko tepelné zpracování (dále jen CHTZ) je proces, při kterém dochází k přeměně či chemické změně povrchu komponentů. Podstatou celého procesu je obohacení povrchové vrstvy a to z důvodu dosažení požadovaných vlastností. Vlastnostmi mohou být tvrdost a odolnost vůči opotřebení a korozi. Prostředí pro CHTZ můžeme rozdělit na plynné, kapalně a tuhé (HORÁČEK, 2000). Mezi nejrozšířenější postupy CHTZ řadíme sycení povrchu dusíkem, uhlíkem, nebo kombinací obou prvků. „Za základní dílčí pochody při chemicko-tepelném zpracování lze považovat disociaci, adsorpci a difúzi. Intenzita těchto dílčích pochodů, tzn. rychlost, s jakou se dosáhne nasycení do požadované hloubky, závisí na druhu oceli, chemickém složení a aktivitě prostředí, druhu prvku, kterým je povrch oceli sycen, teplotě, při níž difúzní reakce probíhají atd.“ (PLUHAŘ, 1989, str. 332).

2.6 Vakuové pece

Jedná se o pece, které nejsou konstruovány pouze jen pro tepelné zpracování, ale také např. pro pájení, žíhání a odplyňování. Konstrukce pecí bývá velice sofistikovaná za pomoci počítačů, které hlídají celý proces. Schéma vakuové pece můžeme vidět na obrázku č. 6. Díky těmto technologiím je možné ukládání a následné vyhodnocení naměřených dat procesů. Tato zařízení jsou vyráběna v různých velikostech, jak pro laboratorní účely, tak pro masovou výrobu. Díly jsou zpracovávány ve vakuu nebo v atmosféře inertních plynů. Cena a spotřebovaná energie pece se odvíjí od výběru vnitřní izolace. Díky tomuto výběru lze pece rozčlenit na kovové, grafitové a kombinace obou typů z hlediska typu izolace. Další dělení je závislé na tom, zda je použita kalicí komora. Potom rozlišujeme dva typy: bez kalicí lázně a s kalicí lázní. Typ s kalicí komorou je většinou využíván při zušlechťování komponentů pro automobilový průmysl, naopak pec bez kalicí lázně je využívána spíše pro žíhání. Pec s olejovou lázní je rozdělena na dvě části a to na předkomoru a pracovní komoru. Většinou bývají odděleny přepážkou, aby nedocházelo k úniku výparů oleje z lázně do ohřívací komory (Interní materiály ŠKODA AUTO).



Zdroj: HOLAIN, 2011

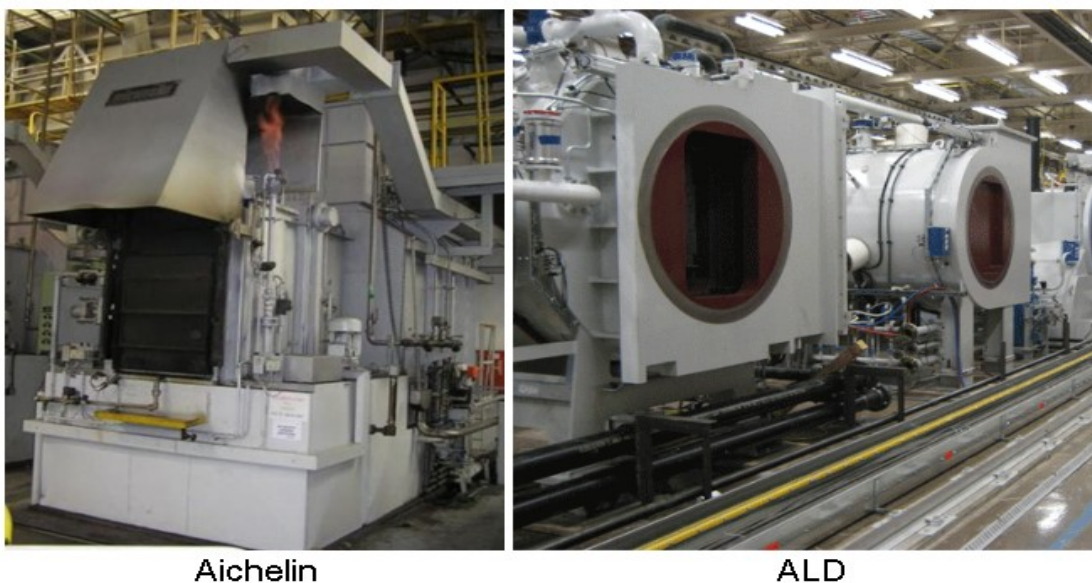
Obr. 6 Schéma vakuové pece

3 Analýza vybraných technologií zušlechťování

Praktická část bakalářské práce se věnuje popisu dvou typů metod tepelného zpracování, vakuové cementaci s kalením v přetlaku plynu a atmosferické cementaci s kalením v oleji. Zmíněné typy se liší i v konstrukci pecí, protože rozlišujeme mezi jednokomorovými či více komorovými pecemi. Tyto typy pecí jsou charakteristické svou odlišnou životností. Jednokomorová pec je neustále ohřívána a také ochlazována a to vše má za příčinu její nižší životnost.

Rozdílnost výše uvedených metod lze spatřit také v celkovém procesu zpracování, který bude níže detailněji popsán. Tento proces probíhá v plynné atmosféře, například v heliu či dusíku. Mezi další kritéria patří vhodný výběr cementačního a kalicího média. Prvním typem je atmosférická cementace s kalením v oleji. Jedním z možných výrobců těchto pecí je společnost s názvem AICHELIN Holding GmbH. Druhým typem je vakuová cementace s kalením v přetlaku plynu označovaná jako ALD. (Interní materiály ŠKODA AUTO). Fotografie pecí jsou zobrazeny na obrázku č. 7.

Hlavním cílem této části práce bude identifikace rozdílů obou těchto metod, z hlediska ekonomického, kvality, zmetkovitosti a času obou procesů. Uvedené procesy se využívají nejen v automobilovém průmyslu, ale můžeme je najít aplikované i v jiných odvětvích.



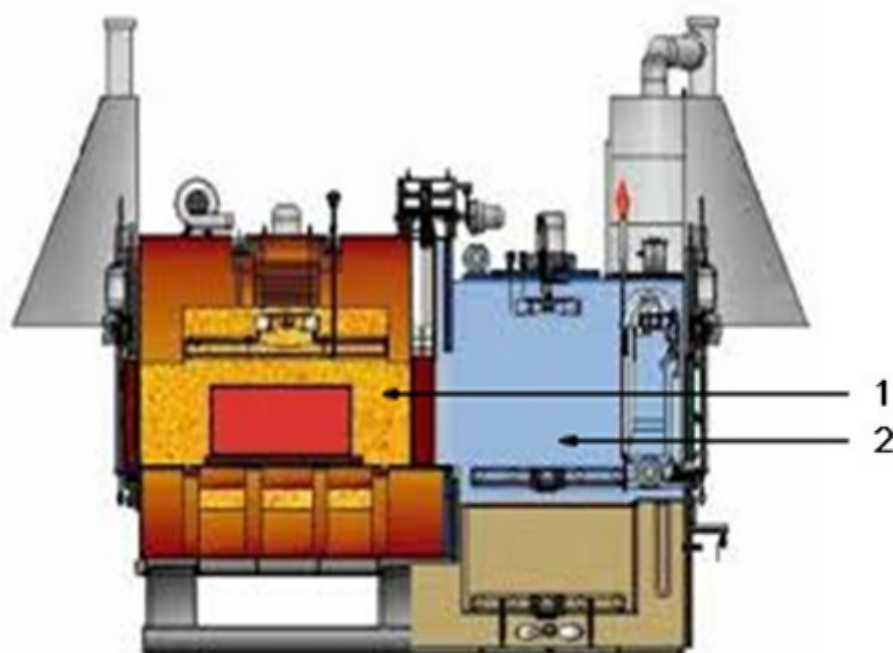
Zdroj: ALD, 2011; NETBID, 2008

Obr. 7 Pec Aichelin a cementační linka ALD

3.1 Atmosferická cementace s kalením v oleji

V současné době je ve ŠKODA AUTO pro většinu zušlechťovaných komponentů nejvíce využívána metoda atmosférické cementace s následným kalením v oleji. Komponenty jsou zušlechťovány ve vsázkových pecích s označením Aichelin VKGS 4/2. Technická data pece jsou uvedena v tabulce č. 2. Pece jsou členěny na komory cementační a kalicí, viz obrázek č. 8. Proces cementace se odehrává v plynné ochranné a sytící atmosféře. Ve druhé části tohoto procesu jsou komponenty kaleny v oleji, následně čištěny, nízkoteplotně popouštěny a ochlazovány. Dále bude detailněji popsán celkový proces v krocích.

Komponenty jsou rovnány na rošty a následovně pomocí dopravníku dopravovány do pece za pomoci obsluhy (Interní materiály ŠKODA AUTO).



- 1 - Cementační komora
- 2 - Kalicí komora

Zdroj: Aichelin, 2013

Obr. 8 Schéma dvoukomorové pece Aichelin

Tab. 2 Technická data pece Aichelin VKGS 4/2

Aichelin VKGS 4/2	
Typ vytápění	zemní plyn
Příkon	36 kW
El. Motory	48 kVA
Maximální teplota	1000 °C
Maximální zatížení	1000 Kg

Zdroj: Štítek z pece Aichelin VKGS 4/2, ŠKODA auto

Zmíněný proces CHTZ probíhající v pecích Aichelin je rozdělen do několika kroků, které jdou za sebou v následujícím pořadí: proplach, cementace, ohřev na kalicí teplotu, kalení, odkapávání, praní, popouštění a chlazení (Interní materiály ŠKODA AUTO).

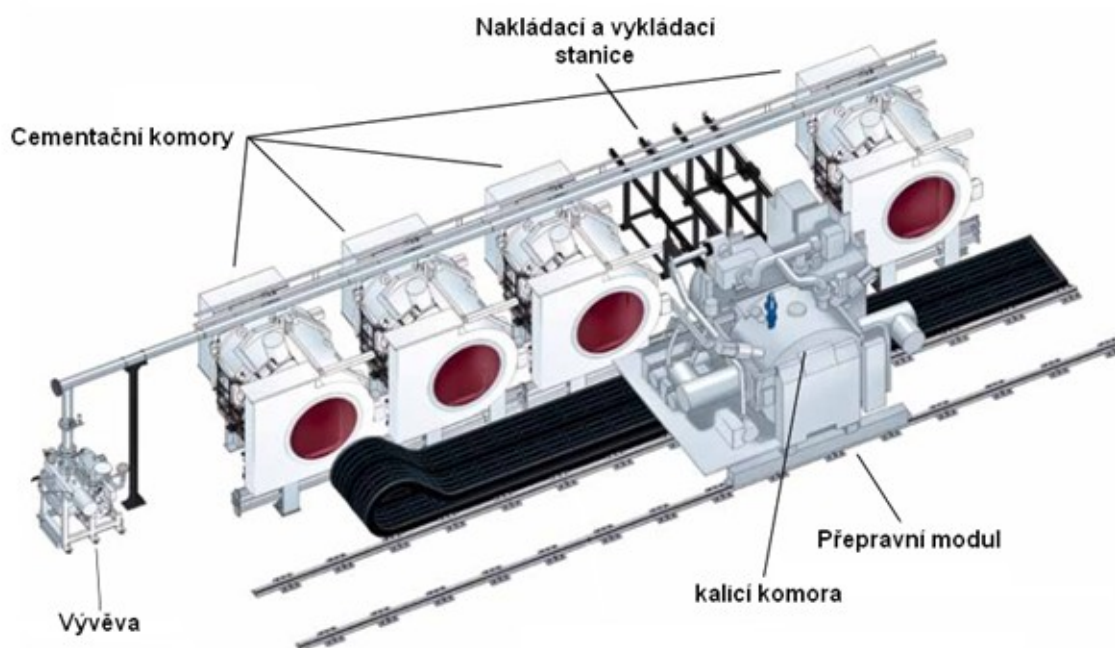
3.2 Vakuová cementace s kalením v přetlaku plynu

Jedná se o moderní způsob, který je nejpokrokovější metodou nauhličování. Tuto metodu CHTZ využívá mnoho významných automobilových výrobců, jako například BMW, GM, ZF, Fiat i ŠKODA AUTO (ALD, 2011). ŠKODA AUTO byla průkopníkem této technologie v celém koncernu Volkswagen Group AG. Všichni tito výrobci využívají vícekomorového pecního systému, který je tvořen linkou, ve které se pohybuje přepravní modul obsahující kalicí komoru, který se pohybuje mezi jednotlivými cementačními komorami, viz obrázek č. 9. Technická data jsou uvedena v tabulce č. 3. Cementačních komor většinou bývá více, což má za výhodu možnost nastavení každé komory zvlášť a tím upravení podmínek cementace – nauhličené vrstvy. Proces cementace probíhá ve formě pulzů. Počet pulzů nám ovlivňuje hloubku nauhličení. Celý tento proces je plně automatický, lze nastavit start a konec. To vše má také za následek snížení počtu obsluhujícího personálu (Interní materiály ŠKODA AUTO).

Tab. 3 Technická data – ALD ModulTherm 2.0

ALD ModulTherm 2.0	
Typ vytápění	elektrické
Maximální teplota	1250 °C
Maximální zatížení	1000 Kg
Kalicí tlak max.	20 bar
Max. rozměry	600x750x1000 mm

Zdroj: ALD, 2011



Zdroj: ALD, 2011

Obr. 9 Schéma linky ALD ModulTherm 2.0 s popisem

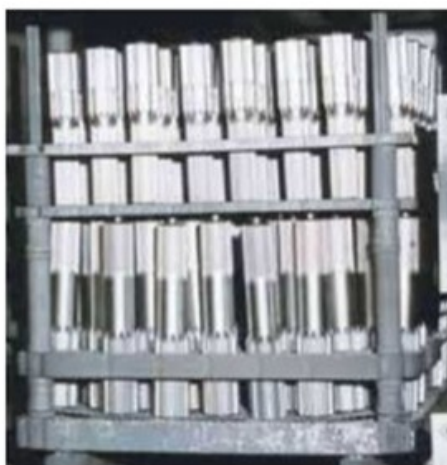
U obou typů tepelného zpracování jsou komponenty rovnány do přesně uzpůsobených roštů přímo pro daný díl, ale také pro daný proces CHTZ. Hlavním rozdílem mezi rošty je materiál, který se při jejich výrobě používá. Komponenty, kterými jsou ozubená kolečka a hnané kolo rozvodovky, dochází k rovnání na rošty, které se následovně vrství na sebe, viz obrázek č. 10a. Hnaná a hnací

hřídel je rovnána pouze do dvou pater do svislé polohy, viz obrázek č. 10b. Tuto přípravu má na starost obsluha dané pece.

U roštů uzpůsobených pro pece Aichelin je životnost mírně menší, neboť se tato životnost posuzuje podle toho, kolik cyklů materiál, ze kterého je rošt vyroben, vydrží (Interní materiály ŠKODA AUTO).



a)



b)

Zdroj: Aichelin, 2013; ALD, 2011

Obr. 10 Rošt pro: a) ozubená kolečka – Aichelin, b) hnané hřídele – Aichelin

3.3 Porovnání z hlediska časů

Níže v tabulkách jsou uvedeny časové hodnoty procesů CHTZ (v min), které jdou v následující posloupnosti za sebou. Tabulky ukazují přehled intervalů rozdělených podle typu CHTZ. Tabulka č. 4 ukazuje atmosférickou cementaci

s následným kalením v oleji. Druhý typ CHTZ, tedy vakuová cementace s následným kalením v přetlaku plynu, je zobrazena v tabulce č. 5. Jelikož časy cementace jsou ovlivněny typem dílů a hloubkou cementované vrstvy, jsou v tabulce uvedeny průměrné hodnoty těchto procesů (Interní materiály ŠKODA AUTO).

Tab. 4 Přehled časových hodnot procesů v peci Aichelin

Atmosferická cementace s kalením v oleji	
Aichelin	
	[min]
Proplach dusíkem	15
Cementace	280
Sycení	
Difúze	
Ohřev na kalicí teplotu	45
Kalení	20
Odkapávání	15
Praní	30
Popouštění	120
Zchlazení – chladič	30
Celý proces včetně čekání a manipulace	
	720

Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTA

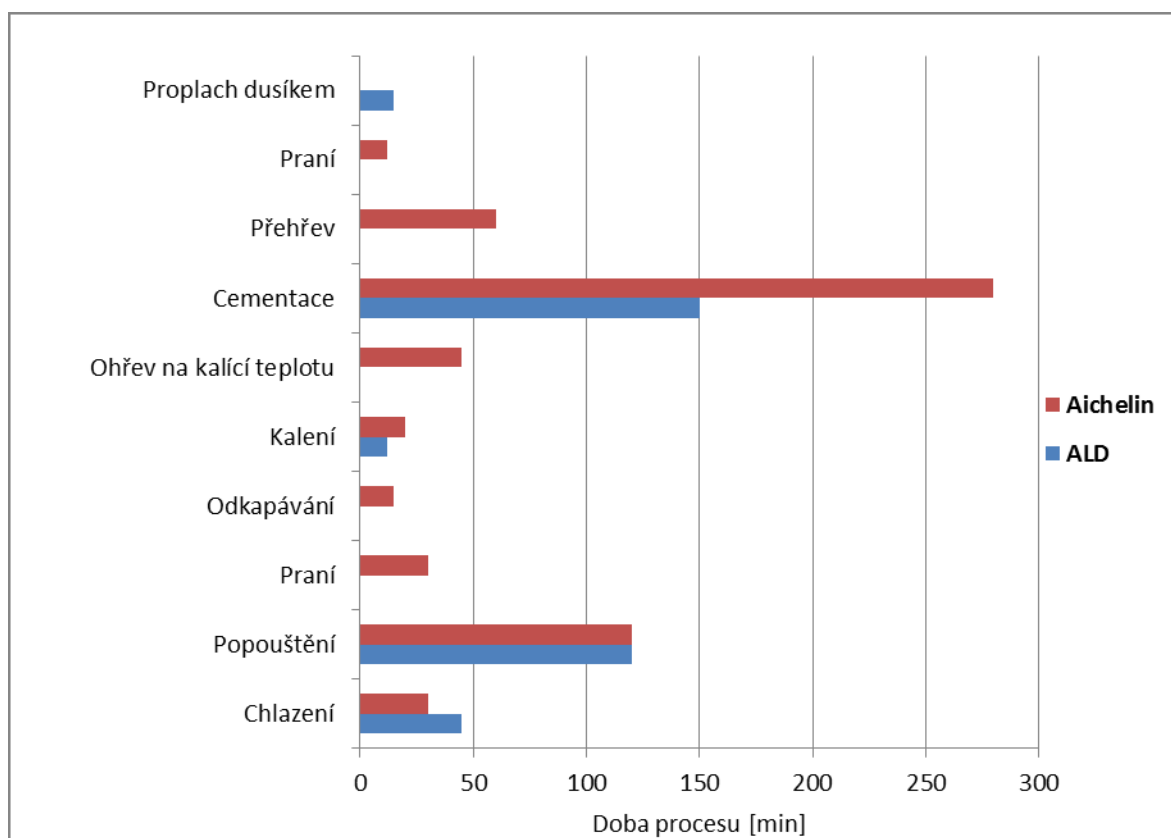
Tab. 5 Přehled časových hodnot procesů v peci ALD

Vakuová cementace s kalením v přetlaku	
ALD	
	[min]
Praní	12
Přehřev	60
Cementace	150
Kalení	12
Popouštění	120
Chlazení	45
Celý proces včetně čekání a manipulace	
	420

Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTA

Z výše uvedených hodnot lze usoudit, že proces CHTZ prováděný v pecích ALD je o téměř polovinu kratší než v pecích Aichelin. Výsledný čas je ovlivněn počtem operací. U metody v peci ALD, není zapotřebí na konci procesu praní. V případě využití metody kalení v oleji jsou díly prány a následovně z důvodu odstranění nečistot pískovány.

Na obrázku č. 11 jsou uvedeny časové úseky operací, které jsou barevně odlišeny dle typu zvolené CHTZ. Je zřejmé, že metoda ALD, díky menšímu počtu operací dosahuje kratšího celkového času. Při shodné operaci, například cementaci, je čas téměř poloviční.



Obr. 11 Znárodnění časů procesů jednotlivých technologií

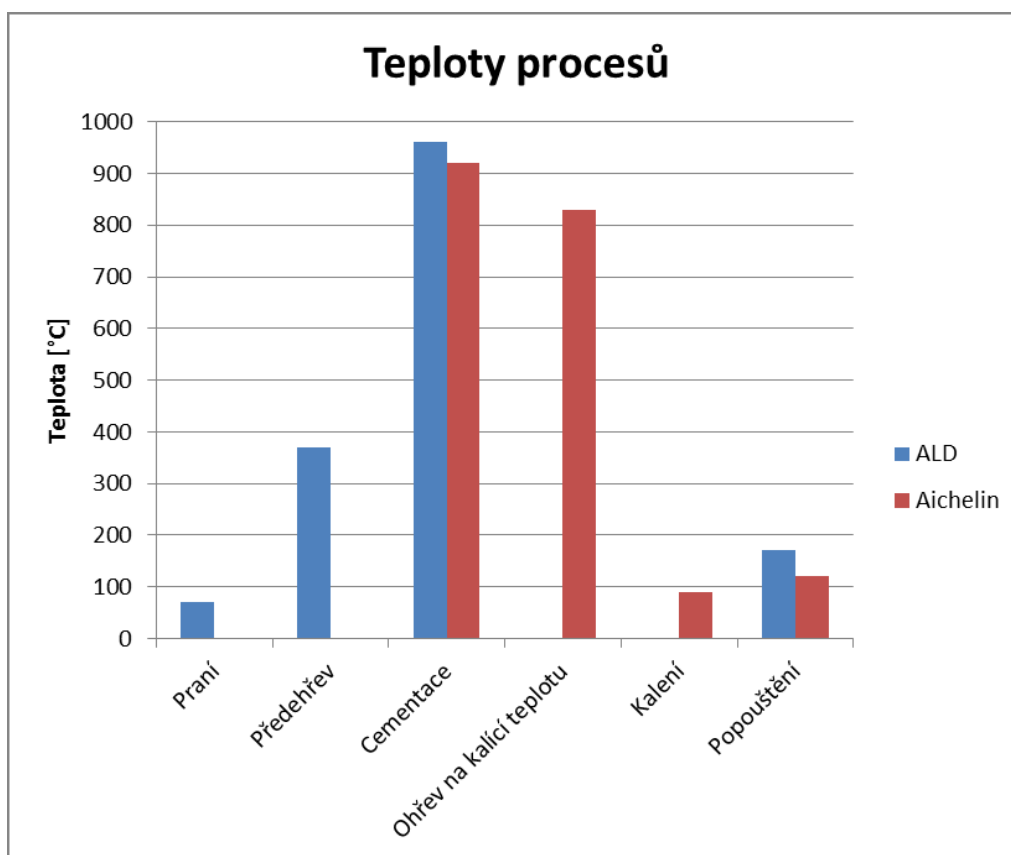
3.4 Porovnání z hlediska teplot

CHTZ prováděné v pecích Aichelin začíná proplachem za pomoci dusíku, kde je zapotřebí vytěsnění endoplynů. Endoplyny jsou plyny, vytvářející ochrannou atmosféru zabraňující korozi. Vyrábějí se ze vzduchu a zemního plynu a následně procházejí katalyzátorem.

Tento proces probíhá v předkomoře. Druhým krokem je proces cementace při teplotě 920 °C, dále následuje ohřev na kalcíci teplotu 830 °C. Při procesu kalení dochází k poklesu teploty z 830°C a následovně jsou díly kaleny v oleji o teplotě 60 – 90 °C. Dalšími kroky jsou odkapávání, praní a popouštění, které probíhá za teploty 150 – 180 °C. Po popouštění následuje zchlazení na teplotu, která je vhodná pro manipulaci (Interní materiály ŠKODA AUTO).

Vakuová cementace s následným kalením v přetlaku plynu se provádí v pecích ALD a začíná krokem nazvaným praní odehrávající se při teplotě 50 - 70 °C. Následuje předehřev v 5 pozicích na teplotu 370°C a poté cementace při teplotě 960°C následovaná kalením, kdy dochází k ochlazení na teplotu okolí. Předposledním krokem je zde popouštění za teploty 170°C následovaným ochlazením na teplotu haly pomocí vzduchu pro vhodnou manipulaci s komponenty (Interní materiály ŠKODA AUTO).

Na obrázku č. 12 je možné vidět, že teploty u metody ALD jsou ve všech operacích vyšší než u metody Aichelin.



Obr. 12 Znárodnění teplot procesů jednotlivých technologií

3.5 Porovnání z hlediska kalicího média

V celém procesu CHTZ dochází k únikům neboli ztrátám. Při procesu atmosférickou cementací s kalením v oleji, dochází k únikům pomocí vynášení oleje z lázně. Tento jev je specifický pro určitý typ dílu, například pro pastorky, které jsou z obou stran navrtávané. Dochází zde k naplnění a následovnému vnesení. Tento jev nemá za následek pouze ztrátovost, ale také v nadcházejícím kroku popouštění dochází k zapečení oleje. Při vakuové cementaci dochází pouze ke ztrátám v procesu rekuperace, při kterém je plyn přečerpáván zpětně do systému, proto je tato metoda označována jako metoda s vysokou energetickou účinností. Vyčíslení celkových nákladů je uvedeno v tabulce č. 6. Zde je zobrazen druh kalicího média, přibližný objem doplněného kalicího média za měsíc, částka za 1 litr a celková vypočítaná částka za 1 měsíc. Z hlediska utajení cen kalicích médií jsou v tabulce uvedeny průměrné ceny vycházející z aktuální nabídky prodejců.

Tab. 6 Přehled informací o doplněných kalicích médií za jeden měsíc

Typ kalicího media	Objem doplnění [l]	Cena za 1 litr [Kč]	Celková částka [Kč]	Typ pece
Paramo TK 46	300 – 400	98	29 400 – 39 200	Aichelin
Helium	40 000	0,355	14 202	ALD

Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO

3.6 Porovnání z hlediska kvality komponentů

Jedním z hlavních sledovaných aspektů dvou porovnávaných metod je kvalita, která je ovlivněná nejen počtem vadných výrobků, ale i poruchovostí při procesech CHTZ.

Tyto dvě metody jsou naprosto rozdílné, proto není jednoduché je porovnat. Přesto je porovnání možné z hlediska kvality výrobního procesu, přičemž rozhodujícím faktorem spolehlivosti je nízká produkce vadných výrobků. Metoda atmosférické cementace s kalením oleji je starší metodou než vakuová cementace s kalením v přetlaku plynu. Její nevýhody pramení spíše v problémech mechanických - pokud například dojde k pozdějšímu vyjmutí z pece, dochází k ovlivnění celé vsázky. Dalším problémem může být selhání lidského faktoru při

procesu kalibrace množství plynu, neboť toto se provádí každé dva týdny obsluhou pece, která se mění – toto vše má za následek rozdílná nastavení.

Vakuová cementace s následným kalením v přetlaku v plynu je procesem velmi moderním, jelikož je hlídána pomocí několika zabezpečujících systémů lépe než výše popsaná metoda. Díky těmto systémům nedochází k tak častým poruchám, avšak pokud k poruše dojde, příčinou jsou spíše softwarové nebo mechanické problémy s manipulátorem. Velkou předností je, že celý proces monitorují počítače a v případě problému dochází ke spuštění alarmu. Pokud dojde k poruše na manipulátoru, ovlivní to všechny vsázky z důvodu pozdějšího vyjmutí, neboť jeden přepravní modul s kalicí komorou není schopen obsloužit ostatní cementační komory. I když nastane výše uvedený problém a dojde k ovlivnění všech vsázek, zmetkovitost je i tak stále nižší oproti starší metodě v pecích Aichelin, ve kterých dochází k problémům častěji (Interní materiály ŠKODA AUTO).

4 Zhodnocení

Jak již bylo výše uvedeno, z hlediska času má technologie ALD poloviční nároky na čas celkového procesu, díky čemuž se snižují náklady při výrobě. Je to i z důvodu menšího počtu operací, kterým jsou díly vystavovány. Tento proces je výhodný i díky tomu, že zvyšuje kvalitu celkové výroby, komponenty tak nemají velké problémy s vlastnostmi, jakými jsou například vnitřní pnutí, změny v ozubení a s tím spojená deformace. Další výraznou výhodou je, že komponenty nepodléhají povrchové oxidaci. Z těchto aspektů vyplývá snížení provozních nákladů a díky tomu růst konkurenceschopnosti firmy. Výjimkou jsou pouze pořizovací ceny, které jsou u ŠKODA AUTO, stejně jako u jiných výrobců utajovanou informací. I tak můžeme říci, že má technologie vakuové cementace s následným kalením v plynu vyšší pořizovací náklady (Interní materiály ŠKODA AUTO).

Nejen výše zmíněné výhody jsou velice důležité pro firmy zabývající se CHTZ. Velice aktuálním tématem, které dnes zní ze všech stran, je ekologie. Metoda ALD je velice šetrným řešením tepelného zpracování, někdy je též označována za čistou metodu, protože nevyklučuje žádné emise CO₂. Pro samotné

zaměstnance či obsluhu pece poskytuje příznivější pracovní podmínky díky výraznému snížení hluchnosti procesu a čistějšímu prostředí (ALD, 2011). U metod spojených s kalením do oleje může docházet k výparům z olejů. Další důležitým plusem pro technologii ALD představuje absence nutnosti náročné likvidace kalných olejů spojených s vysokými náklady pro jednotlivé společnosti zabývající se touto výrobou. Mezi jediné možné nevýhody můžeme řadit regulovatelnost procesu, nutnou korekci některých dílů s ozubením, vyšší pořizovací cenu a vyšší náklady na údržbu. I přesto je metoda ALD ve více sledovaných aspektech výhodnější.

Detailnější proběhlo zhodnocení z hlediska jednotlivých procesů CHTZ, které se skládá ze tří hlavních kroků a to předeheřev (cementace ohřev), samotné cementace a kalení.

První částí je **předeheřev** na cementační teplotu, který doprovází obě zmíněné technologie uvedené výše. Více výhod má CHTZ v pecích ALD, protože dochází k rovnoměrnějšímu ohřevu, k předeheřevu a ne přímo k cementaci. Je zde také možnost volby typu ohřevu oproti technologii prováděné v pecích Aichelin. Jedinou nevýhodu spatřujeme v pevně stanoveném čase ohřevu. Ale i CHTZ v pecích Aichelin má jednu výhodu oproti ALD a to možnost nastavení ohřevu podmínkou. Mezi základní nevýhody této druhé technologie je nutnost prvnotních průplachů dusíkem z důvodu bezpečnosti a druhým mínusem je, že dochází k neřízenému průběhu cementace během ohřevu.

Samotný proces **cementace**, stejně jako u předeheřevu za pomoci technologie ALD, převažuje svými plusy, jakými jsou například celkově kratší čas a netvořící se povrchová oxidace na komponentech. Avšak naproti tomu je zde nutnost řízení procesu pouze pomocí průtoku plynu. Stejně jako u cementace ohřev je zapotřebí u pece Aichelin ochranné atmosféry.

Na závěr budou sledované technologie CHTZ zhodnoceny z hlediska procesu **kalení**. Stejně jako v případě předeheřevu a samotné cementace, převažují i zde výhody na straně technologie ALD oproti technologii v pecích Aichelin. Těmito výhodami jsou například nižší čas na celkový proces a nulová povrchová oxidace. Nutno tedy poznamenat, že technologie v pecích Aichelin v konečném důsledku nečítá žádné výhody oproti technologii v pecích ALD (ALD,

2010). Výsledné hodnocení je u vedeno v tabulce č. 7, kde jsou uvedeny pouze výhody daných technologií.

Tab. 7 Výhody CHTZ pro pece Aichelin a ALD

■ Aichelin	■ ALD
menší pořizovací náklady	plně automatický proces
menší náklady na údržbu	celkově kratší čas
řízení nahličovací schopnosti plynu	menší počet operací
	delší výdrž roštů
	dosahuje vyších teplot
	menší náklady na doplnění kalících médií
	kvalitnější
	ekologičtější
	rovnoměrnější ohřev
	nedochází k neřízené cementaci
	netvoří se povrchová oxidace

Závěr

Bakalářská práce se zabývá porovnáním dvou metod zušlechťování komponentů. První z nich je atmosférická cementace s následným kalením v oleji. Druhou je vakuová cementace s kalením v přetlaku plynu. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Úvod teoretické části se věnuje samotnému vysvětlení pojmu „komponent“ a představení oddělní VKT ve ŠKODA AUTO a. s., které se právě problematikou zušlechťování komponentů zabývá. V této části jsou charakterizovány dva typy manuálních předovek MQ100 a MQ200. Také je detailněji popsáno jejich složení a způsoby výroby. Dále jsou uvedeny základní procesy zušlechťování, jako jsou cementace, kalení, popouštění, chemicko tepelné zpracování. V závěru teoretické části je popsána a vysvětlena funkce vakuových pecí.

Praktická část je věnována analýze vybraných technologií zušlechťování. Blíže jsou popsány dva typy metod tepelného zpracování. Jde o metody tepelného zpracování a to atmosférické cementace s kalením v oleji a vakuové cementace s kalením v přetlaku plynu. Zhodnocení proběhlo na základě porovnání obou variant chemicko tepelného zpracování. Za srovnávací kritéria byly zvoleny proměnné jako čas, teplota, kalicí médium a kvalita komponentů.

Cílem bakalářské práce bylo zhodnocení metod chemicko tepelného zpracování, které probíhá v pecích Aichelin VKGS 4/2 a ALD ModulTherm 2.0. Z výsledků vyplývá následující závěr. Využití pecí ALD ModulTherm 2.0 je i přes vyšší pořizovací náklady vhodnější pro chemicko tepelné zpracování komponentů. Je evidentní, že technologie vakuové cementace s následným kalením v přetlaku plynu nalezne v budoucnosti čím dál výraznější uplatnění a to z hned z několika důvodů. Firmám šetří nejen náklady spojené s výrobou, ale zároveň je oproti technologii prováděné v peci Aichelin šetrnější k životnímu prostředí, na jehož kvalitu se klade velký důraz.

Seznam literatury

BOTHE, O. *Strojírenská technologie*. 1. vyd. Praha: STNL, 1979.

HEERING, D. H. *Vacuum heat treatment*. BNP Media II., 2012. ISBN 978-0-9767565-0-7.

HORÁČEK, J. *Nauka o materiálu*. 1. vyd. Praha: TF ČZU, 2000. ISBN 80-213-0397-2.

CHOTĚBORSKÝ, R. *Nauka o materialu*. Praha: ČZU, 2006. ISBN 80-213-1442-7.

JECH, J. *Tepelné zpracování oceli: Metalografická příručka*. 4. přeprac. dopl. v. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1983.

KŘÍŽ, A. *Technologie tepelného zpracování kovových povrchů*. Čerčany: Asociace pro tepelné zpracování kovů, 2009. ISBN 978-80-904462-0.5.

PLUHAŘ, J. *Nauka o materiálech*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989.

PTÁČEK, L. *Nauka o materiálu II*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2003. ISBN 80-7204-248-3.

ŠKODA AUTO A.S. Interní materiály.

ŠKODA AUTO. *VA - Výroba agregátů*. [Prezentace oddělení VKT.] ŠKODA AUTO, 2007.

ŠKODA MUZEUM. *Propagační materiály – ŠKODA AUTO Výroba.*, 2015.

ŠKODA Service. *Pětistupňová mechanická převodovka OCF a automatizovaná pětistupňová převodovka ASG*. ŠKODA AUTO a.s., 2012.

VLK, F. *Převody motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6463-1.

VOJTĚCH, D. *Materiály a jejich mezní stavy*. 1.vyd. Praha: VŠCHT, 2010. ISBN 978-80-7080-741-5.

Aichelin. *Chamber furnace plants*. AICHELIN.at [online]. Rok 2013, [cit. 3. 10. 2015] Dostupný z URL: <
http://www.aichelin.at/SITES/DE/en/products/chamber_furnace_plants.pdf >.

ALD. *Broschuere ModulTherm2.O.* ALD-VT.de [online]. Rok 2011, [cit. 2. 10. 2015] Dostupný z URL: < http://web.ald-vt.de/cms/fileadmin/pdf/prospekte/Broschuere_ModulTherm2_englisch__20110331.pdf>.

ALD. *New ModulTherm 2.0 Features* ALD-VT.de [online]. Rok 2010, [cit. 2. 10. 2015] Dostupný z URL: < http://web.ald-vt.de/cms/fileadmin/pdf/Produktinnovation/Features_MT2.0_english.pdf >.

HOLAIN, M. *Vakuové kalení.* VUTBR.cz [online]. Rok 2011, [cit. 24. 10. 2015] Dostupný z URL: < http://www.umel.feec.vutbr.cz/~bousek/vak/DESTILACE_METALURGIE/Kaleni_HOLAJN.pdf>.

KRAUS, V. *Tepelné zpracování a slinování* CZU.cz [online]. Rok 2005, [cit. 18. 10. 2015] Dostupný z URL: <<http://tzs.kmm.zcu.cz>>.

NETBID. *Komorová pec.* NETBID.com [online]. Rok 2008, [cit. 1. 10. 2015] Dostupný z URL: < <http://www.netbid.com/cz/aukce/detail-prehled/10415958-komorov%C3%A1-pec/>>.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma převodovky MQ200 s popisem	10
Obr. 2 Přehled vybraných komponentů převodovek.....	12
Obr. 3 Část rovnovážného diagramu Fe – Fe ₃ C s vyznačeným pásmem obvyklých cementačních teplot	14
Obr. 4 Struktura oceli získaná pomocí Martenzitického kalení a Bainitické přeměny	15
Obr. 5 Schématické znázornění způsobů kalení	17
Obr. 6 Schéma vakuové pece	20
Obr. 7 Pec Aichelin a cementační linka ALD	21
Obr. 8 Schéma dvoukomorové pece Aichelin.....	22
Obr. 9 Schéma linky ALD ModulTherm 2.0 s popisem.....	24
Obr. 10 Rošt pro: a) ozubená kolečka – Aichelin, b) hnané hřídele – Aichelin	25
Obr. 11 Znázornění časů procesů jednotlivých technologií	27
Obr. 12 Znázornění teplot procesů jednotlivých technologií.....	28

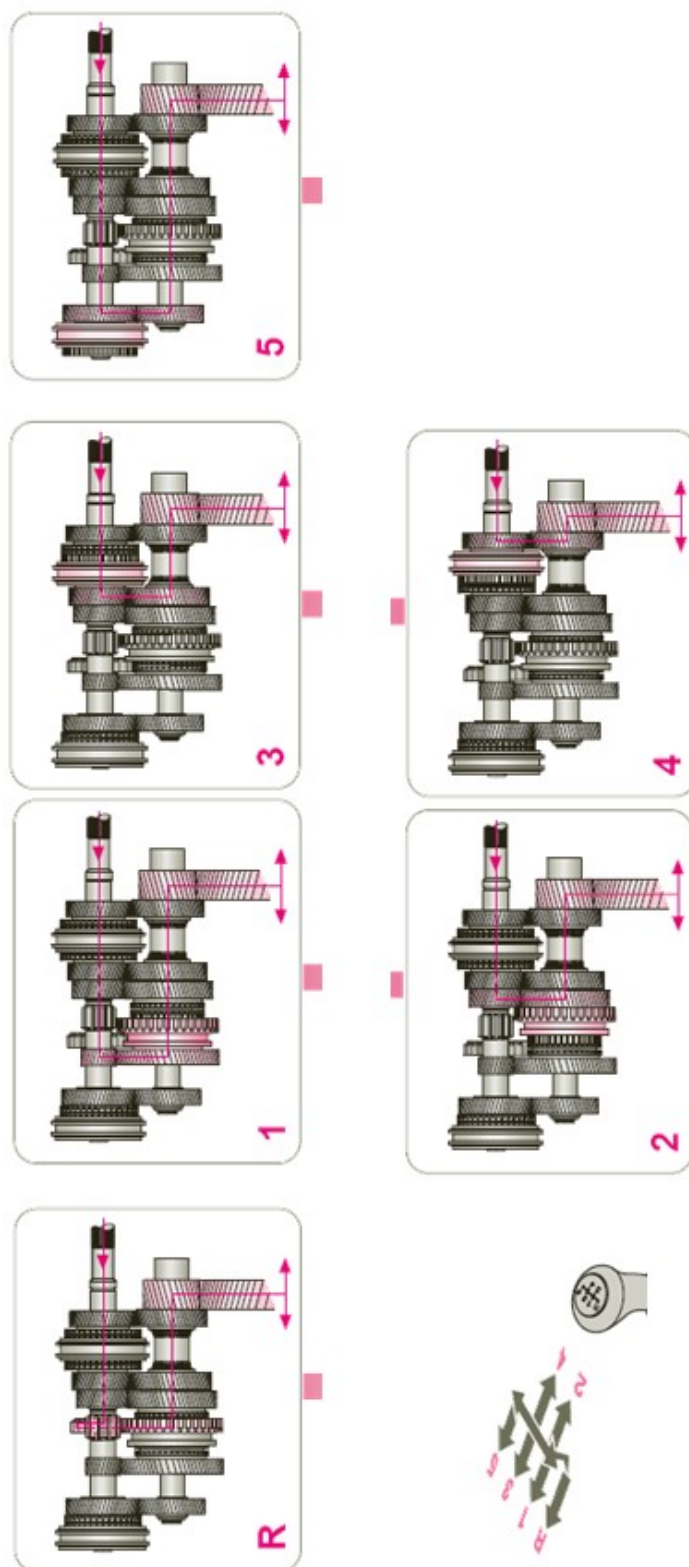
Seznam tabulek

Tab. 1 Vlastnosti kalicích medií	19
Tab. 2 Technická data pece Aichelin VKGS 4/2.....	23
Tab. 3 Technická data – ALD ModulTherm 2.0	24
Tab. 4 Přehled časových hodnot procesů v peci Aichelin	26
Tab. 5 Přehled časových hodnot procesů v peci ALD	26
Tab. 6 Přehled informací o doplněných kalicích médií za jeden měsíc	29
Tab. 7 Výhody CHTZ pro pece Aichelin a ALD	32

Seznam příloh

Příloha č. 1 Průběh přenášené síly v převodovce	38
Příloha č. 2 3D model převodovky MQ200	39

Příloha č. 1 Průběh přenášené síly v převodovce



Příloha č. 2 3D model převodovky MQ200



ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Norbert Hampl		
STUDIJNÍ OBOR	6208R088 Podniková ekonomika a management provozu		
NÁZEV PRÁCE	Zhodnocení vybraných technologií zušlechťování komponentů pro automobilový průmysl		
VEDOUcí PRÁCE	Ing. Josef Bradáč, Ph.D		
KATEDRA	KAT - Katedra automobilové techniky	ROK ODEVZDÁNÍ	2015
POČET STRAN	42		
POČET OBRÁZKŮ	12		
POČET TABULEK	7		
POČET PŘÍLOH	2		
STRUČNÝ POPIS	<p>Bakalářská práce s názvem Zhodnocení vybraných technologií zušlechťování komponentů pro automobilový průmysl se zaměřuje na srovnání dvou metod zušlechťování komponentů. Cílem je vyhodnocení a poukázání na výhody a nevýhody zmíněných technologií. A to vše za srovnání z několika hledisek jako jsou například kvalita výroby, pořizovací cena, doba procesu, potřebné teploty apod. Na základě zvolených aspektů bylo zjištěno, že vakuová cementace s následným kalením v přetlaku plynu je výhodnější ve všech ohledech. Tento proces probíhá v pecích s označením ALD.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Převodovky, cementace, kalení, popouštění, chemicko tepelné zpracování, Aichelin, ALD, porovnání metod		
PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI: Ne			

ANNOTATION

AUTHOR	Norbert Hampl		
FIELD	6208R088 Business Management and Production		
THESIS TITLE	Evaluation of selected technologies of selected technologies finishing components for automotive industry		
SUPERVISOR	Ing. Josef Bradáč, Ph.D		
DEPARTMENT	KAT - Department of Automotive Technology	YEAR	2015
NUMBER OF PAGES			
	42		
NUMBER OF PICTURES			
	12		
NUMBER OF TABLES			
	7		
NUMBER OF APPENDICES			
	2		
SUMMARY	<p>Bachelor thesis entitled Evaluation of selected technologies of selected technologies finishing components for automotive industry. This thesis main focus is comparison of two refining methods. The main objective of this thesis is evaluation and referation to point to advantages and disadvantages of this earlier before mentioned technologies. And all for a comparasion from several aspects such as production quality, purchase price, time of proces, desired temperature etc. Based on selected aspects it has been found that vacuum carburizing followed by quenching the gas in pressure is advantageous in all aspects. This proces takes place in furnaces labeled as ALD.</p>		
KEY WORDS	<p>Transmissions, cementation, hardening, tempering, chemical heat treatment, Aichelin, ALD, comparison methods</p>		
THIS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS: No			