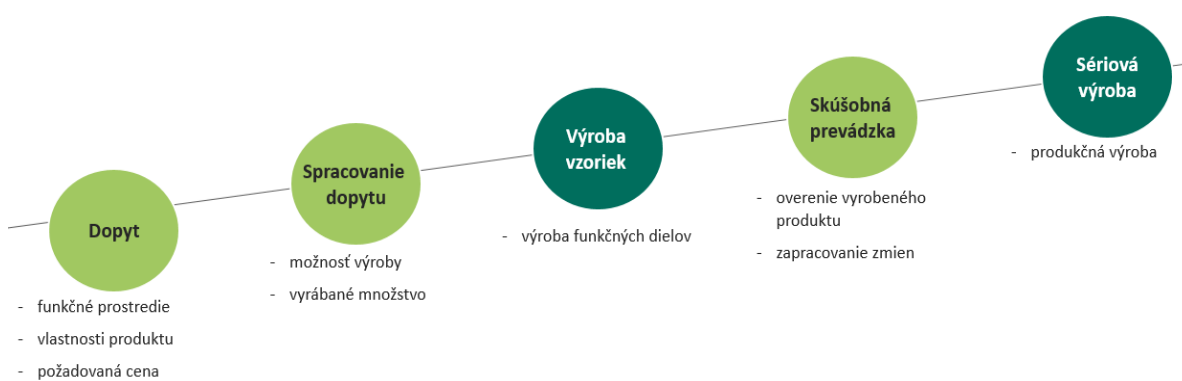


7 NÁVRH VÝROBY DIŠTANČNÉHO KRÚŽKU NA OHÝBACOM – ZVÁRACOM AUTOMATE

Úvod

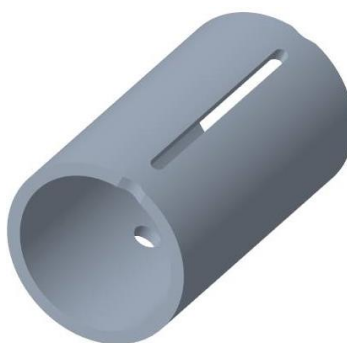
Konkurencieschopnosť a flexibilita sú vlastnosti, ktoré by mala mať úspešná firma počas celej svojej existencie a v každom čase. Dnes je však na tieto vlastnosti kladený zvýšený dôraz vzhľadom na veľké množstvo faktorov, ktoré nútia produkovať spoločnosti rýchlejšie za čo najnižšiu cenu a niekedy až v rekordne krátkom čase, no zároveň zákazník vyžaduje čo najinovatívnejšie riešenie danej problematiky. Vzhľadom na bohatú históriu firmy Schaeffler takéto nie je problém splniť požiadavky, ktoré zákazník požaduje. Tento prístup bol aplikovaný aj pri výrobe dištančného krúžku, ktorej sa venuje predkladaná prípadová štúdia. Ku každému novému produktu, prípadne produktu, pri ktorom dochádza ku zmene technológie jeho výroby sa pristupuje individuálnym, no pevne stanoveným postupom krokov. Každá etapa má presne stanovený svoj časový harmonogram, potrebné vstupné a očakávané výstupné informácie. Celý postup je znázornený na Obr. 7.1



Obr. 7.1. Postup priebehu výroby nového produktu (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

Každá etapa má zásadný vplyv na začatie/nezačatie nasledujúcej etapy no z technologického hľadiska je významná až „Výroba vzoriek“ kedy sa zisťuje schopnosť uspokojiť potreby zákazníka z technického hľadiska.

Táto príkladová štúdia je zameraná na výrobu dištančného krúžku (Obr. 7.2), ktorý plní funkciu zachovania rozmerovej vzdialenosti dvoch ozubených kolies v prevodovej skrini osobného automobilu. Tým, že diel nepotrebuje prenášať žiadne výrazné sily, spojené so zaťažovaním v prevádzke, v konečnom dôsledku sa dá povedať, že sa jedná o simplexnú súčiastku. Táto jeho charakteristika ho však nezabavuje prejsť si všetkými potrebnými krokmi prípravy výroby ako iné súčiastky komplexnejšieho charakteru.



Obr. 7.2. 3D model dištančného krúžku (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

7.1 Voľba vhodnej technológie výroby

V tejto kapitole bude priestor venovaný jednotlivých druhom technológií, ktoré by bolo možné využiť pri výrobe tohto druhu produktu s prihliadnutím na disponibilitu technológií firmy Schaeffler, spol. s r. o., Skalica, pričom najdôležitejším faktorom je ekonomický aspekt výroby.

7.1.1 Sústruženie

Sústruženie je jeden zo základných priemyselných procesov, ktorý sa vyvíjal niekoľko desaťročí. Oproti neustálemu zlepšovaniu tuhosti strojov, upínaniu obrobkov a v neposlednom rade aj neustále sa zlepšujúcim rezným nástrojom, sa metodika sústruženia ako taká za posledné desaťročia vôbec nezmenila. Najčastejšou požiadavkou pri optimalizácii technológie obrábania je zvyšovanie produktivity a znižovanie vstupných nákladov na čo najnižšiu úroveň. (Hoferica, 2018)

Pri produkcii dielov technológiou sústruženia, je prvoradou úlohou dosiahnutie čo najnižších nákladov na každý vyrobený diel avšak pri zachovaní požadovanej výrobnéj kvality. Medzi hlavné faktory, ktoré majú hlavný vplyv na optimálnu úroveň nákladov patrí výber stroja, rezného nástroja, ale aj voľba samotnej technológie sústruženia čo je v konečnom dôsledku priamo závislé od zložitosti výrobku alebo veľkosti produkčnej série.

7.1.2 Zváranie

Účelom zvárania je vyhotoviť pevný spoj, ktorý má požadované vlastnosti, a to pevnosť a húževnatosť, ako aj odolnosť proti degradačným procesom, ktoré môžu prebiehať počas celej plánovanej životnosti spoja. Zváranie sa považuje za „zvláštny“ technologický postup a príslušné normy kvality vyžadujú, aby sa technologické postupy vykonávali v súlade s legislatívnymi predpismi. Stanovenie postupov zvárania je potrebné na určenie správne definovaných podkladov na plánovanie zvaračských prác a kontrolu ich kvality. (Ledzík a Devečka, 2017)

Tento technologický proces možno považovať za vyvážený sled všetkých vstupných premenných, ktorých výsledkom je konečný produkt v požadovanej kvalite a presnosti (Obr. 7.3). Pri produkčnej výrobe je často veľmi ťažko nájsť správny pomer jednotlivých vstupných premenných, lebo nie na všetky môže mať výrobca priamy vplyv. Pri výbere optimálneho materiálu sú k dispozícii rôzne normy a štandardy, na základe ktorých je definovaná jeho vstupná kvalita. Tie však majú určité tolerancie, ktoré sú nevyhnutné najmä potom pri zastúpení jednotlivých chemických prvkov v zložení materiálu. Tu sa otvára priestor pre dodávateľov materiálu, aby si aj oni našli najvhodnejšiu cestu z ekonomického hľadiska. Rôzne zastúpenie chemických prvkov má pri každej technológii významný dopad na samotný priebeh výroby a správanie sa výrobku pri jeho opracovaní. Tento jav neobchádza ani proces zvárania, dokonca je možné povedať, že technológia zvárania patrí z tohto hľadiska k zásadným procesom. Pod vplyvom všetkých týchto faktorov je nutné prispôbovať výrobu aktuálnemu stavu, možnostiam a schopnostiam, ktoré materiál ponúka, čo môže mať negatívny dopad na ekonomickú stránku výroby. V neposlednom rade je nutné zohľadniť aj požiadavky, ktoré definuje zákazník v dokumentácii produktu. Takto

sa teda výrobca dostáva do ťažkej situácie kedy musí pracovať s často sa meniacou kvalitou vstupného materiálu, zvyšujúcimi sa požiadavkami zákazníkov na kvalitu a vlastnosti produktov avšak zároveň vnášať do celého procesu čo najnižšie potrebné množstvo ekonomických stimulov.

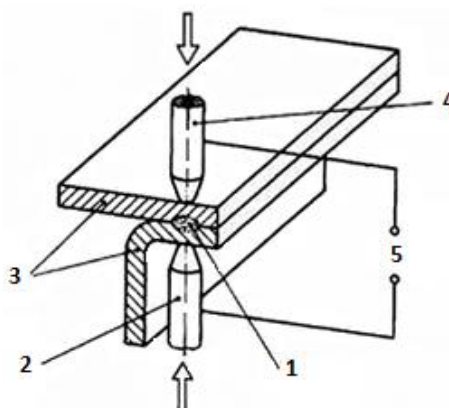


Obr. 7.3. Pomer jednotlivých oblastí a ich vplyv na konečný produkt
(Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

Dôležité je preto poznať všetky dostupné možnosti, aby sa naplno využil potenciál výrobcu na dosiahnutie požadovaného výsledku. Technológia zvarovania a konkrétne odporového zvarovania ponúka viacero druhov, z ktorých každý má svoje špecifické vlastnosti a možnosti, ktoré sú opísané v nasledujúcich častiach štúdie.

7.1.2.1 Odporové zvarovanie

Spoj pri odporovom zvarovaní vzniká pri prechode elektrického prúdu cez stlačené zvarované časti. Pri vzniku spoja sa využíva jav, že pri prechode elektrického prúdu vodičom vzniká teplo, prostredníctvom ktorého sa dosiahne zvýšenie teploty spájaných materiálov na požadované hodnoty. Prechodom elektrického prúdu zvaraným miestom sa materiál zvarovaných súčastí ohreje odporovým teplom, stane sa tvárnym, alebo sa roztaví, pričom sa spájané materiály následne stlačia, a tým sa metalurgicky spoja (Obr. 7.4). Zdrojom tepla je elektrický prechodový odpor v mieste styku zvarovaných materiálov. (Kubíček, 2002)

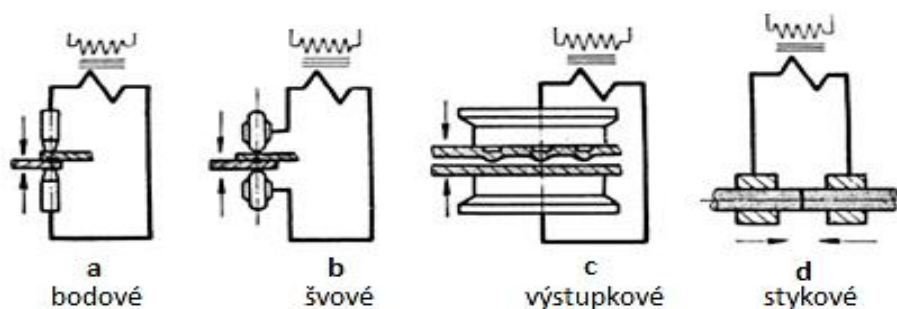


Obr. 7.4. Schéma odporového zvarovania (Matnet, 2006)

1 – bodový zvar, 2 – zvaracia elektróda, 3 – zvaraný dielec, 4 – zvaracia elektróda, 5 – zdroj prúdu

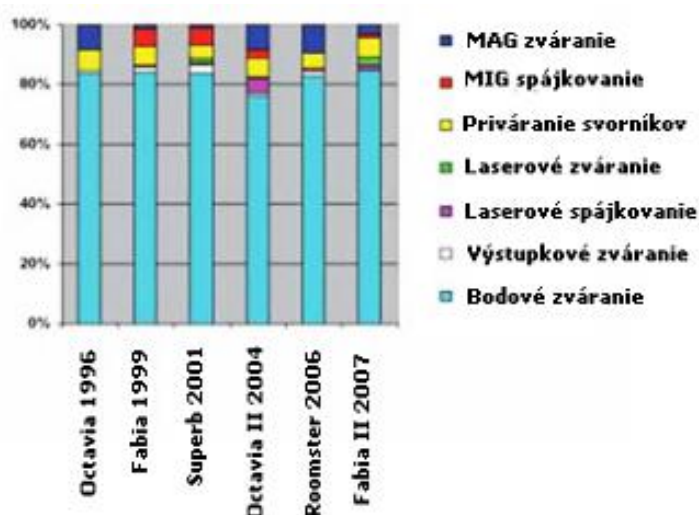
Zvárací proces je charakterizovaný tým, že na dosiahnutie zvaracej teploty sa využíva teplo, vyvinuté zváracím prúdom pri spolupôsobení odporov v oblasti zvaru. (Tolnai, 2002) Zváranie elektrickým odporom sa rozdeľuje podľa vzájomnej polohy zváraných súčastí na dve základné skupiny (Koutný, 2008), a to:

1. **Zváranie s preplátovaním**, ktoré sa rozdeľuje na zváranie bodové (Obr. 7.5a), švové (Obr. 7.5b) a výstupkové (Obr. 7.5c). Zváranie s preplátovaním je ideálne na zváranie tenkých plechov.
2. **Zváranie stykové** (na tupo), ktoré sa ďalej rozdeľuje na zváranie stykové stlačením (Obr. 7.5d) a zváranie stykové odtavením, ktoré sa používa napr. na zváranie tyčí na tupo.



Obr. 7.5. Rozdelenie metód odporového zvarovania (Kubíček, 2002)

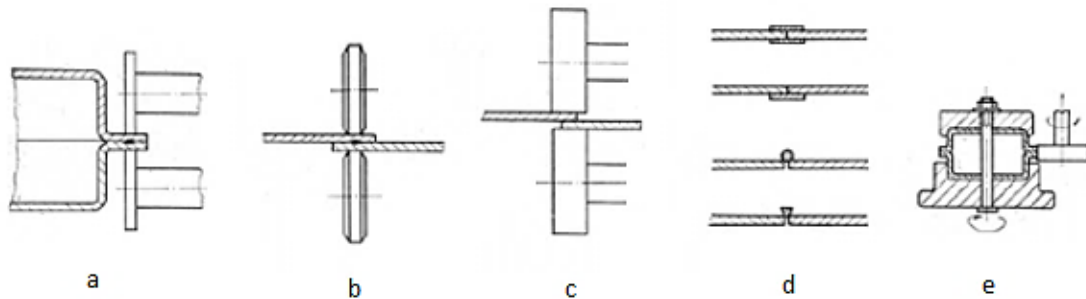
Pri technológii bodového zvarovania vzniká medzi preplátovanými spájanými súčastami spoj v tvare šošovky. Ide o najpoužívanější spôsob odporového zvarovania. Jeho využitie je najmä v spotrebnom priemysle (napr. výroba skríň prístrojov), alebo v automobilovom priemysle (napr. výroba karosérií) (Obr. 7.6).



Obr. 7.6. Relatívny podiel jednotlivých spôsobov zvarovania pri výrobe vozidiel Škoda (Janota, 2008)

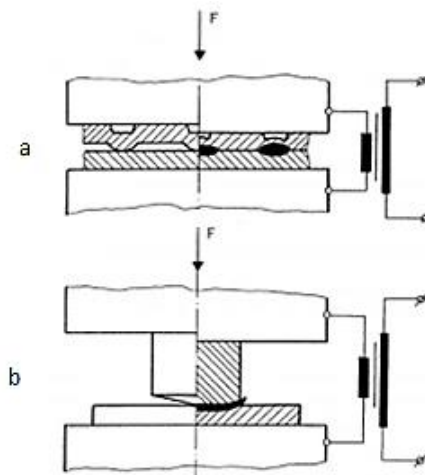
Švové zvarovanie (Obr. 7.7) je veľmi podobné bodovému zváraniu. Pri švovom zvaraní sú tyčové elektródy nahradené otočnými kotúčovými elektródami – kladkami. Kotúčové elektródy sú takisto medené, ako v prípade bodového zvarovania. Elektródy sú upevnené na

prítlačné ramená a sú napájané zo zdroja zvaracieho prúdu. Otáčaním kotúčov sa, za súčasného prechodu elektrického prúdu, vytvára zvarový spoj (šev). Keďže priebeh prúdu je prerušovaný, zvarový šev má vzhľad radu bodových zvarov, ktoré sa navzájom prekrývajú. (Lipa, 2000; Tolnai, 2002)



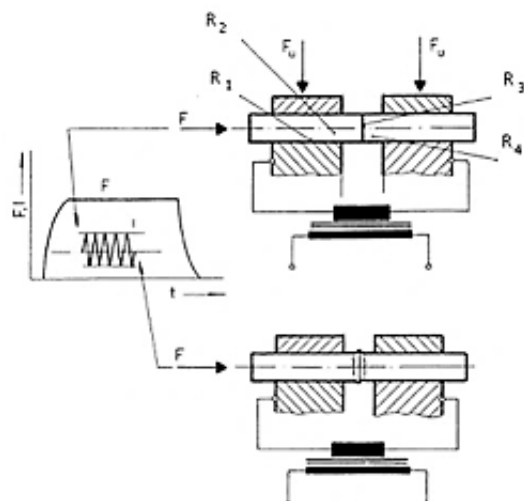
Obr. 7.7. Možnosti švového odporového zvarovania (Hlavatý, 2009)
a, b – zvar medzi preplátovanými súčiastkami, c – rozvalcovacie švové zvarovanie, d – švové zvarovania s prídavnými páskami, e – švové zvarovanie putujúcim kotúčom

Je to v podstate niekoľkobodové odporové zvarovanie, pri ktorom je rozloženie bodov určené výstupkami. V najjednoduchšom prípade ide o preplátované spoje, pričom na jednom plechu sú vopred vylisované výstupky. Stlačením súčiastok medzi plochými elektródami (čelúšťami) zvaracieho lisu sa prúd koncentruje na miestach výstupkov (Obr. 7.8). Počas ohrevu sa natavia výstupky, ako aj príľahlá oblasť druhého dielca. Malé výstupky možno nahradiť jedným výstupkom väčších rozmerov (Tolnai, 2002)



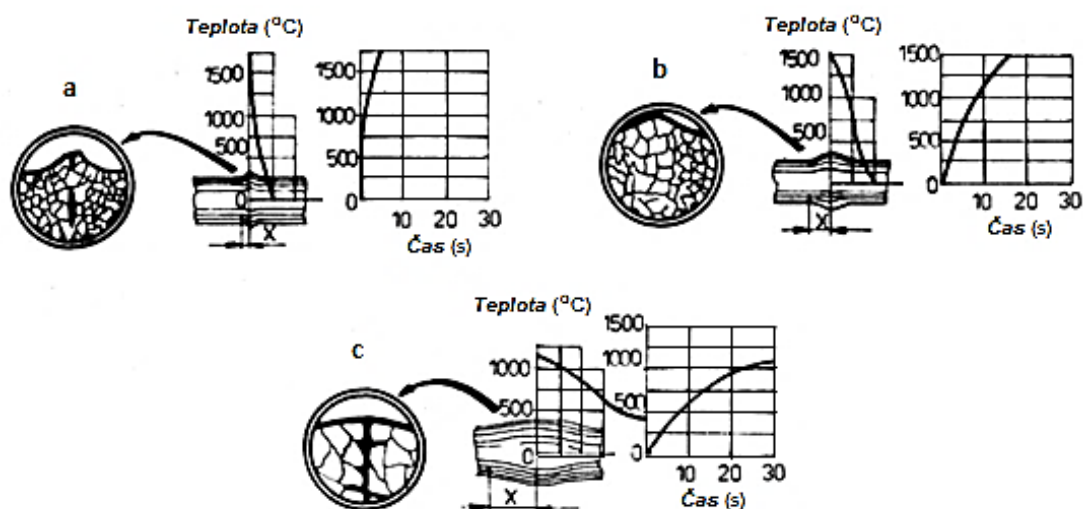
Obr. 7.8. Princíp výstupkového odporového zvarovania (Lipa, 2000)
a – s prelisovanými výstupkami, b – s masívnymi výstupkami

Stykové stláčacie odporové zvarovanie je druh odporového zvarovania, pri ktorom sú zvarané súčasti pritlačené styčnými plochami a zvarajú sa v celej styčnej ploche (Obr. 7.9). Zvarané dielce sa uchytia do delených čelústí – elektród, pričom sú orientované, na rozdiel od predošlých spôsobov odporového zvarovania, v horizontálnom smere. Jedna alebo obe čelúste sú pohyblivé v smere vzájomného stláčania zvarovaných dielcov. Dielce sú na seba pritlačené zvarovými plochami určitou silou a až potom sa zapne zvarací prúd. Prítlačná sila pôsobí ešte určitý čas po vypnutí prúdu (Adamka a kol., 1985; Tolnai, 2002).



Obr. 7.9. Princíp odtavovacieho stykového zvarovania (Lipa, 2000)

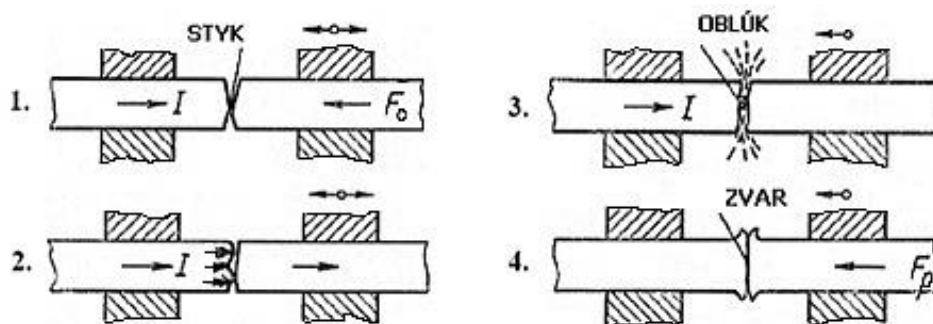
Z hľadiska zvaracieho prúdu a zvaracieho času existuje pri stykovom stláčacom zvaraní tvrdý a mäkký režim zvarovania. Veľkosť zvaracieho prúdu a času majú vplyv na výslednú štruktúru a vlastnosti zvarového spoja. Ak je zvarací prúd vysoký, teplota v dotyku materiálov dosiahne teplotu tavenia za veľmi krátky čas (tvrdý režim). Potom do plastického stavu budú zohriate iba povrchové vrstvy a pri stlačení dôjde k vzniku necelistvostí (Obr. 7.10a). Výrook bude mať relatívne ostrý tvar. V prípade pomalého ohrevu a ochladzovania (mäkký režim) dosiahne zvarový spoj hrubozrnnú štruktúru, ale bez defektov (Obr. 7.10b). Výrook bude mať oblý tvar. Pri nedostatočnom ohreve dotykových plôch a veľkej prítlačnej sile môžu vzniknúť neprievary (Obr. 7.10c) (Lipa, 2000).



Obr. 7.10. Mechanizmy tvorby zvarového spoja pri stykovom stláčacom zvaraní (Adamka a kol., 1985)

Stykové odtavovacie zvarovanie má podobný princíp ako stykové stláčacie zvarovanie. Rozdiel je iba v mechanizme vzniku zvarového spoja (Obr. 7.11). Zvárané dielce sú ešte pred zvarovaním pripojené na zvarací transformátor, ktorý je pod napätím. Použité napätie je nízke (4 až 5 V, aby nevznikol elektrický oblúk. Dielce sa k sebe približia na dotyk, čím

vznikajú prúdové mostíky. Pretože prítlačná sila je minimálna, prechodový odpor medzi dielcami je veľmi veľký, materiál sa v mieste dotyku okamžite nataví a vystrekne. Dielce sa opäť k sebe priblížia, dotknú sa a proces sa opakuje. Takýmto postupom sa natavia celé styčné plochy, na ktorých sa vytvorí jemná vrstva roztaveného kovu a nad ňou sa materiál nahreje do určitej hĺbky a vtedy nasleduje rýchle stlačenie dielcov k sebe, zvýšenie a vypnutie zvaracieho prúdu. Pretože počas zvárania odstrekuje spálený kov a s ním aj rôzne nečistoty a pary spáleného kovu, vytvára sa tým ochranná atmosféra, zabráňujúca oxidácii povrchu, čím vzniká dokonalý zvarový spoj. Výronok v mieste zvaru je tvorený čiastočne oxidovaným kovom a je potrebné ho odstrániť (Adamka a kol., 1985; Kuncipál a kol., 1986; Lipa, 2000)

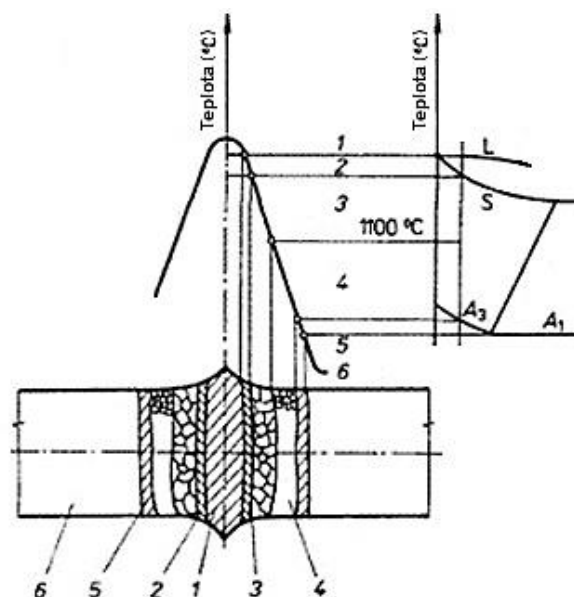


Obr. 7.11. Princíp odtavovacieho stykového zvárania (Hlavatý, 2009)

I – zvarací prúd, F_o – sila, pôsobiaca pri prvotnom odtavovaní, F_p – prítlačná sila

Druhy stykového odtavovacieho odporového zvárania možno podľa priebehu predohrievacej fázy rozdeliť na (Hlavatý, 2009):

- zváranie bez predohrevu (priame odtavovacie zváranie), pri ktorom sa súčasti odtavujú hneď od začiatku procesu bez predbežného predhriatia,
- zváranie s predohrevom, pri ktorom sa súčasti najprv predhrejú a až potom nasleduje plynulá odtavovacia fáza,
- zváranie s prerušovaným predohrevom, pri ktorom sa súčasti predhrievajú opakovanými dotykmi,
- zváranie s neprerušovaným predohrevom, pri ktorom sa súčasti predhrievajú pri neprerušovanom odtavovaní pri programovej zmene napätia.



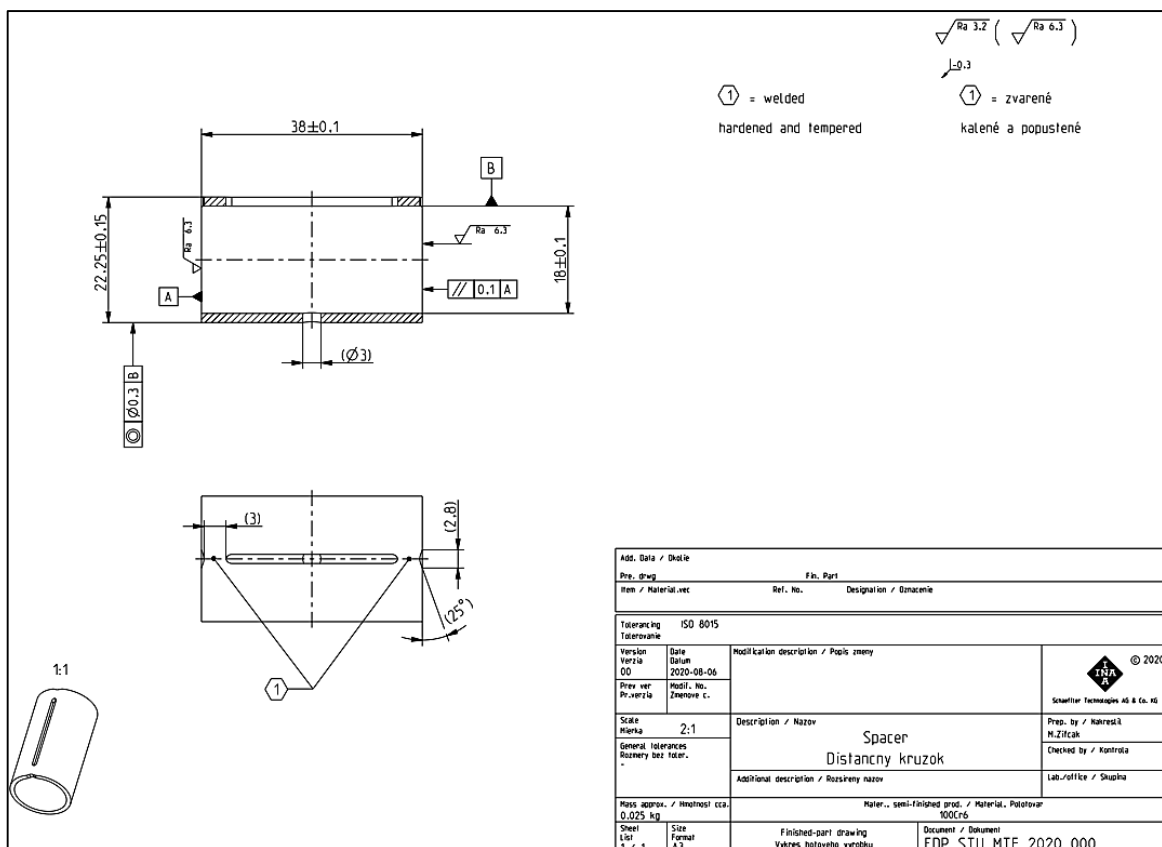
Obr. 7.12. Vplyv teplotného účinku zvaracieho procesu na štruktúru zvarového spoja pri odtavovacom stykovom zvaraní (Kuncipál a kol., 1986)

1 – natavená oblasť, 2 – oblasť čiastočného natavenia, 3 – oblasť prehriatia, 4 – oblasť normalizácie, 5 – oblasť čiastočnej prekryštalizácie, 6 – tepelne neovplyvnená oblasť

Metalurgia vzniku zvaru pri stykovom odtavovacom zvaraní je odlišná od bodového zvarania. Vznik tavného spojenia je charakterizovaný prítomnosťou malého množstva taveniny a tepelne ovplyvnenej oblasti, ktoré sú tvorené účinkom tepelne-deformačných cyklov v jednotlivých fázach procesu zvarania (Obr. 7.12). Vzniká natavená oblasť s dendritickou lejacou štruktúrou v mieste bezprostredného styku oboch zvaraných materiálov. Šírka pásma natavenia je závislá od použitých teplotných parametrov a režimu stláčania. (Kuncipál a kol., 1986)

7.2 Postup výroby súčiastky a voľba vhodných nástrojov

Pri výrobe je veľmi dôležité správne definovať jednotlivé výrobné etapy. Prvým a najdôležitejším ukazovateľom je výrobný výkres s definovanými informáciami, ktoré predstavujú jeho konečné vlastnosti. Dôležité je tiež správne prečítanie výkresu, nakoľko je základom na jednoznačné definovanie výrobného postupu. Každá výrobná etapa a (niekedy aj technológia) má svoj vlastný výrobný výkres. Je nutné mať viacero výkresov pretože by sa mohlo stať, že by výkres nebol správne pochopený a mohlo by prísť k chybe. V prípade, ktorý je predmetom tejto štúdie, ide o výkres priamo určený na technológiu zvarania (Obr. 7.13). Je to simplexný produkt, čo možno vidieť aj na pravej hornej strane výkresu, kde je definované len miesto zvarania. Často sa však stáva, že je určený aj smer, druh alebo sila zaťaženia dielu, mechanické vlastnosti, či iné špecifické požiadavky interného prípadne externého charakteru.

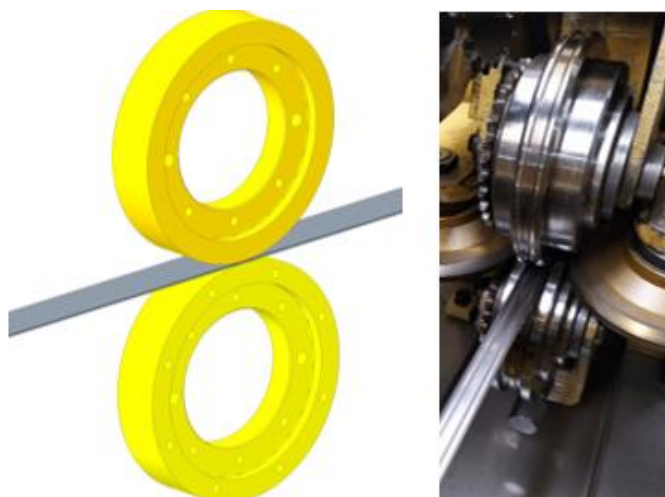


Obr. 7.13. Výkresová dokumentácia k vyrábanému dielu
(Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

Aj keď ide o pomerne jednoduchý produkt, nie je možné ho vyrobiť v jednej operácii a tak sa bude používať produkčná linka, kde je použitých viacero zástupcov technológie tvárnenia a keď konečnou operáciou bude zvarenie dielu.

7.2.1 Profilovacie nástroje

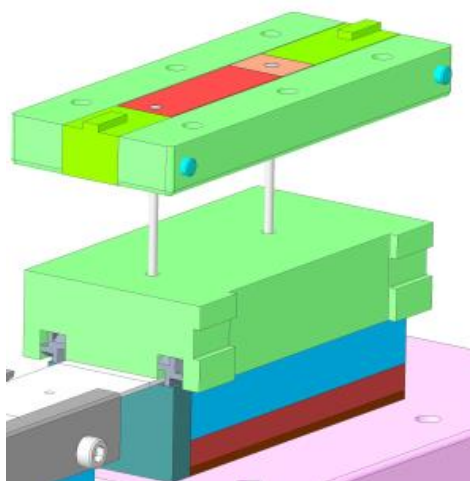
Profilovacie kotúče predstavujú prvú stanicu z celej produkčnej linky a ich úlohou je vytvárať nekonečný plochý pás do požadovaného tvaru a to použitím technológie tvárnenia za studena. Ide o dva (štyri) proti sebe odvažujúce sa kotúče, ktoré na materiál pôsobia definovanou silou (Obr. 7.14). Takéto pretvorenie je dané ako v axiálnom, tak aj v radiálnom smere čo je určené hrúbkou vstupného materiálu a požadovaným stupňom pretvorenia. V určitých prípadoch je nutné aplikovať pretvorenie na dva priechody, teda sa aplikuje 8 profilovacích kotúčov, štyri v každom smere pretvorenia. V prípade tvárnenia dištančného krúžku sú použité len 4 profilovacie kotúče, ktoré tvárnia materiálový pás do požadovanej hrúbky a šírky.



Obr. 7.14. Schéma a fotografia profilovacích nástrojov
(Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

7.2.2 Strižné nástroje

Technológia strihania je zastúpená v nasledujúcej stanici po profilovaní. Ide o relatívne jednoduchý strih keď je presná poloha strižného nástroja daná vedením strižníka a jeho dráha končí v strižnej matrici, cez ktorú sa odvádza odpad v tomto priestore. Na tejto stanici dochádza k vystrihnutiu polohovacieho otvoru (Obr. 7.15), ktorý má významnú úlohu pri poslednej pracovnej stanici celej produkčnej linky.

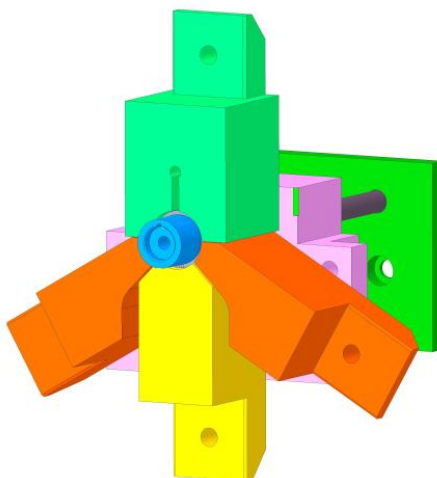


Obr. 7.15. Schéma strižného nástroja na výrobu polohovacieho otvoru
(Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

7.2.3 Ohýbacie nástroje

Na voľbu vhodných ohýbacích nástrojov sa pri výrobe daného typu súčiastky kladie veľký dôraz. Proces ohýbania pozostáva z viacerých na seba nadväzujúcich operácií, ako je vidieť

na Obr. 7.16 sú použité 4 ohýbacie nástroje, ktoré sú implementované v troch krokoch: vrchný ohyb – bočné ohyby – spodný ohyb.

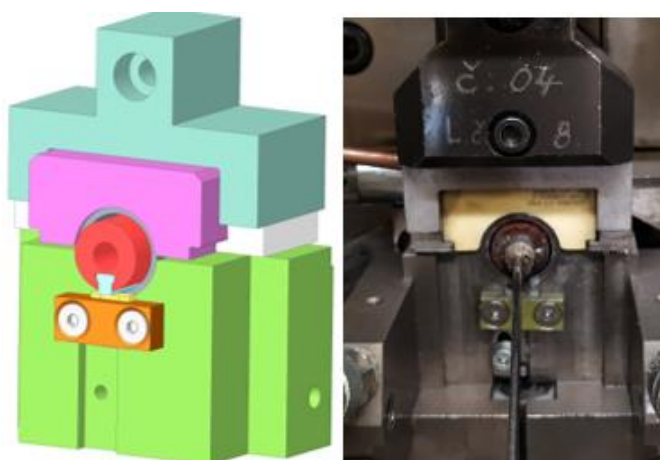


Obr. 7.16. Schéma ohýbacieho nástroja (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

Každý krok má presne definovaný tvar vyrábaného dielu a časovú postupnosť. Ohýbací nástroj musí zvládnuť výrobu ďaleko náročnejších tvarov, ktoré sú spojené s výrobou ložiskových kliebok, kedy nastávajú problémy pri deformácii nosných častí valivých teliesok. Ohnutie do požadovaného tvaru pri tejto súčiastke neprináša relatívne žiadne komplikácie, nakoľko sa tvárni polotovary s dostatočným objemom materiálu. Po ukončení operácie je diel do poslednej stanice presunutý pomocou transportných kolíkov lineárnym pohybom.

7.2.4 Zváracie náradie

Príprava polotovaru má rovnako dôležitý význam ako zvolená postupnosť operácií jeho ďalšieho spracovania, čo je zvlášť dôležité pri technológii zvarovania.



Obr. 7.17. Schéma náradia v procese zvarovania (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

Pri výrobe dielov zváraním možno všetky použité operácie považovať za prípravné. V prípade, že bude niektorá z týchto operácií realizovaná nekvalitne, s najväčšou pravdepodobnosťou bude vyprodukovaný nezhodný výrobok. V takomto prípade konvenčné bodové zváranie je nutné nahradiť inými technológiami. Zvárané diely musia byť presne ustavené (Obr. 7.17), na čo sa využívajú zvaracie elektródy, ale aj prítlačný prvok z keramiky. Keramický pridržiavač najprv pritlačí diel na keramický zvarací trň a potom spodnú polovicu pritlačia elektródy (realizujú kontakt zvaracích plôch) a diel zvaria. Kvalitný finálny zvarový spoj významne determinujú parametre zvárania.

7.2.4.1 Voľba zvaracích parametrov

Firma Schaeffler sa zameriava pri aplikovaní technológie zvárania na 3 hlavné kritériá, a to na:

- uhlíkový ekvivalent,
- kvalitu prípravy geometrických plôch,
- zvarací prierez.

Uhlíkový ekvivalent

Jeden z aspektov posúdenia komplexnej charakteristiky ocele pre danú súčasť je určenie tzv. ekvivalentného obsahu uhlíka C_{ekv} keď možno informačne stanoviť zvariteľnosť nelegovaných, nízkolegovaných a stredne legovaných tvárnených a odlievaných ocelí. Tento parameter sa vypočíta podľa vzťahu (7.1), bol navrhnutý medzinárodným zvaračským inštitútom (IIW/IIS) a používa sa na odsúhlasenie prvotných informácií o zvariteľnosti materiálu (Svarinfo, 2019).

$$C_{ekv} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15} \quad (7.1)$$

Keď hodnota uhlíkového ekvivalentu neprekročí hodnotu 0,45 % pre hrúbku materiálu 4 (0,4 % pre hrúbku materiálu 6,5 mm; 0,35 % pre hrúbku materiálu 25 mm a 0,3 % pre hrúbku materiálu 50 mm) možno daný materiál zvarať bez použitia predohrevu. V prípade vyrábaného dielu, keď ide o materiál C15M, je hodnota uhlíkového ekvivalentu 0,29 %. Hrúbka dielu je 2,125 mm, čo zaraďuje tento materiál medzi dobre zvariteľné.

Kvalita prípravy geometrických plôch

Príprava geometrických plôch patrí medzi zásadné parametre, pretože pri ich nesprávnej a nevhodne realizovanej často prichádza k poškodeniu zvaracích elektród ich opálením, čo potom spôsobuje zlý kontakt medzi elektródami a zváraným produktom. Najväčší vplyv má na to operácia ohýbania, lebo ide o poslednú operáciu pred samotným zváraním. Dobre predpripravený diel má minimálnu, resp. nulovú zvaráciu medzeru medzi oboma koncami produktu. Vtedy je odpor, ktorý kladie materiál najnižší a nedochádza tak k neprimeranému opotrebeniu zvaracích elektród, a teda dochádza k eliminácii nákladov spojených s ich údržbou.

Zvárací prierez

Zvárací prierez predstavuje plochu, ktorá musí byť prevarená, aby došlo v dostatočnom zmiešaní materiálu vo zvarovom kúpeli. Čím väčšia je však plocha zváraného materiálu, tým väčší odpor musí byť prekonaný, aby došlo k procesu natavovania styčných plôch. V predkladanom prípade štúdie muselo dôjsť k eliminácii, teda zmenšeniu zvárannej plochy a to z dôvodu maximálneho využitia výkonu zváracieho transformátora.

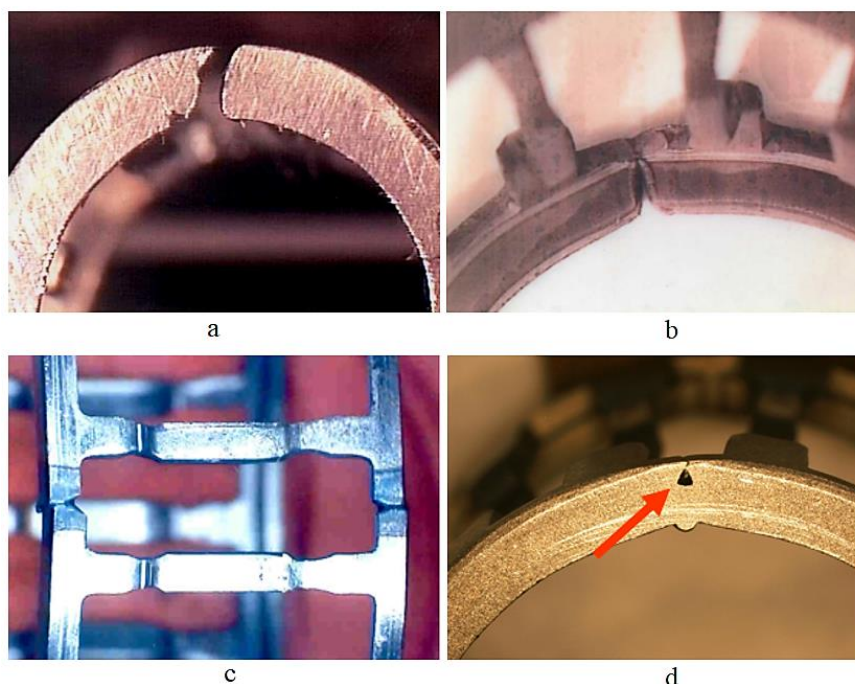
7.3 Kvalita zvaru

Kvalita vyrábaného dielu je to, čo ich predáva, a tým robí firmu konkurencie schopnou. Pri každej technológii existuje všeobecný návod s premenlivými veličinami, ktorý je nápomocný pri produkcii dielu v čo najlepšej kvalite. Pri zváraní dištančného krúžku sa vychádza z variácie niekoľkých parametrov, kde sa však môžu vyskytnúť aj rôzne chyby. Možné príčiny výskytu zvarových chýb sú uvedené v Tab. 7.1.

Tabuľka 7.1. Možné príčiny výskytu zvarových chýb (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

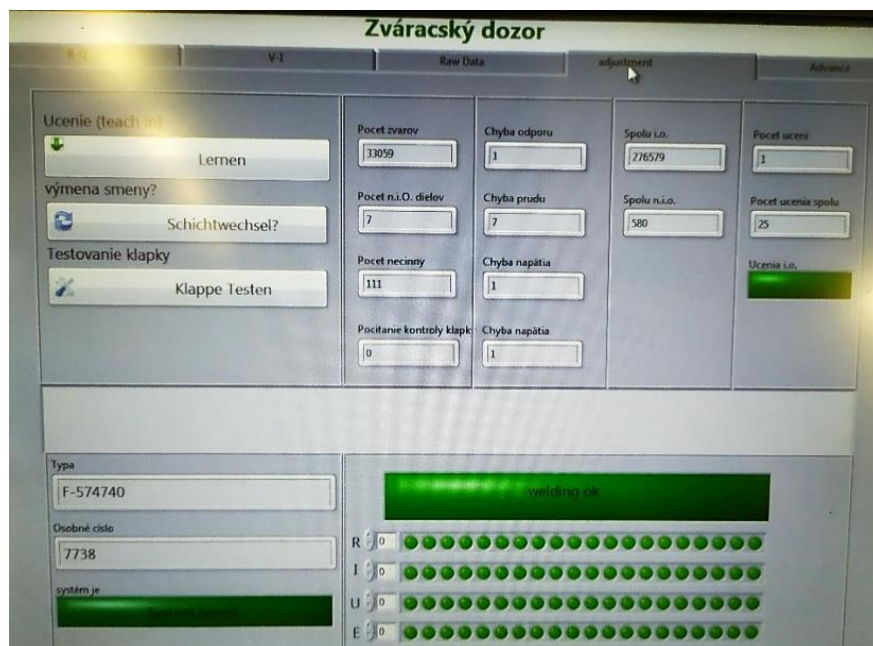
Zvarová chyba	Parameter			Nástroj				Výrobok	
	zvárací prúd	čas zvárania	sila elektrod	chladenie	vydutosť	ø	povrch	kontaktný odpor	povrch
Opotrebenie nástroja	nízky	príliš dlhý	nízka	nevhodné	príliš malá	príliš malý	hrubý	-	pórovitý
Povrchová chyba	nízky	príliš dlhý	vysoká	nedostatočné	-	-	hrubý	-	pórovitý
Vtlačky v nástroji	nízky	-	vysoká	-	príliš malá	príliš malý	-	-	-
Trhliny	nízky	nesúmerný	vysoká	-	-	príliš malý	hrubý	nerovnomerný	pórovitý
Problémy s pevnosťou zvaru	-	nízky alebo vysoký	nízky alebo vysoký	-	malá	malý	nevhodná drsnosť	nerovnomerný (ohýbanie)	nevhodná drsnosť

Každý zo spomenutých faktorov má pomerne zásadný význam na kvalitu produkovaného dielu. Ide však o pomerne všeobecný návod, keď zásahom do jedného druhu nastavenia možno odstrániť konkrétnu príčinu vzniku chyby, čím ale sa môže narušiť relatívne citlivá rovnováha ostatných parametrov, čo v konečnom dôsledku má za následok vznik inej chyby. Z toho vyplýva, že sa môže zdať tento návod ako zbytočný, no správne vyškolenému pracovníkovi vie pomôcť odhaliť koreňovú príčinu vzniku chyby pri výrobe dielu zváraním. Na určenie nezhodného dielu slúži aj interný katalóg chybných dielov, ktorý uľahčuje a zjednodušuje zachytenie takéhoto dielu a odbúrava tak subjektívny pohľad pracovníka na danú problematiku. Príklad vybraných nezhodných dielov uvádza Obr. 7.18. Na Obr. 7.18a je prasknutý zvar, ktorý je spôsobený nevyhovujúcim pomerom zváracieho prúdu a času zvárania, Obr. 7.18b znázorňuje čiastočný zvar, ktorý vzniká pri nevhodnom nastavení zváracieho náradia, na Obr. 7.18c je presadený zvar, ktorý je pôsobený nevhodnou polohou zváracieho náradia a na Obr. 7.18d je vystreknutý zvar, ktorý vzniká pri zlom nastavení prítlaku zváracieho náradia.



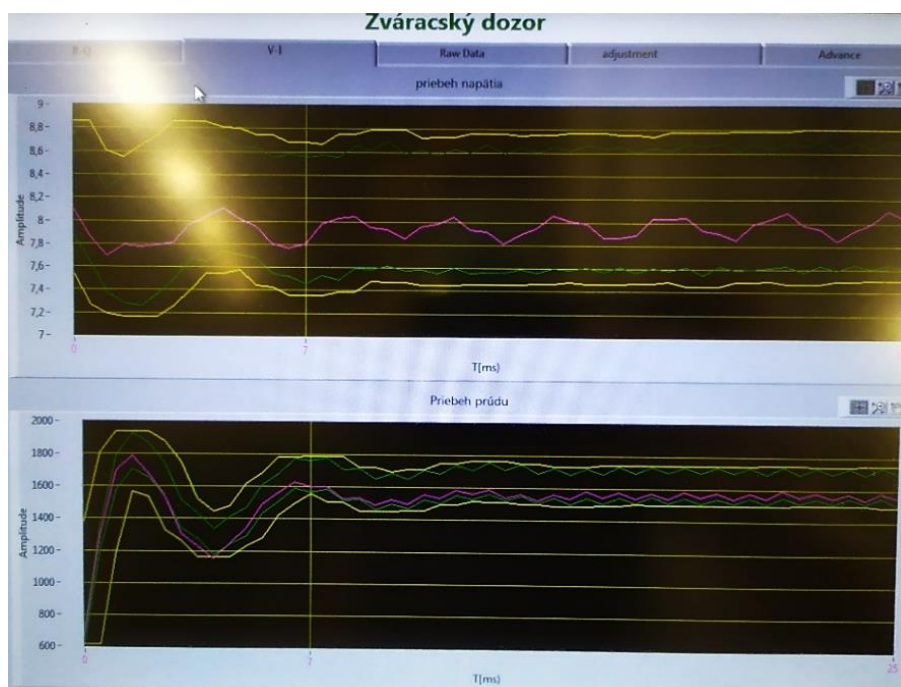
Obr. 7.18. Chyby pri zváraní (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)
 a – prasknutý zvar, b – čiastočný zvar, c – presadený zvar, d – vystreknutý zvar

Simultánna kontrola počas produkcie je potrebná, nakoľko reklamácia od zákazníka je nežiadúca, a tej sa snaží vyhnúť každý výrobca. Avšak reklamácia je konečný efekt istého typu nestability vo výrobnom procese, ktorý je z ekonomického hľadiska pre firmu nežiadúci. Aby nedochádzalo k takýmto situáciám, vo firme Schaeffler bolo pri výrobe dištančného krúžku vyvinuté zariadenie, ktoré umožňuje vytriediť už vyrobený diel, no v prípade nezhody s predpísanými parametrami ho neposúva do nasledujúcej operácie, čím sa znižuje zaťaženie výrobných strojov v prípade opracovávania nekvalitných dielov. Medzi takéto zariadenia vo firme patrí aj kontrola zvaracích parametrov aplikáciou NOAXu (Obr. 7.19). Úlohou tohto zariadenia je detekovať anomálie a odchýlky samotného procesu zvarovania porovnávaním niekoľkých premenných voči ideálnemu stavu. PC zbiera a vyhodnocuje všetky namerané hodnoty a potom posúva tieto informácie riadiacemu stroju, ktorý vzápätí vyhodnotí výsledok merania a diel posunie do ďalšej produkcie alebo vytriedi do nezhodných výrobkov.

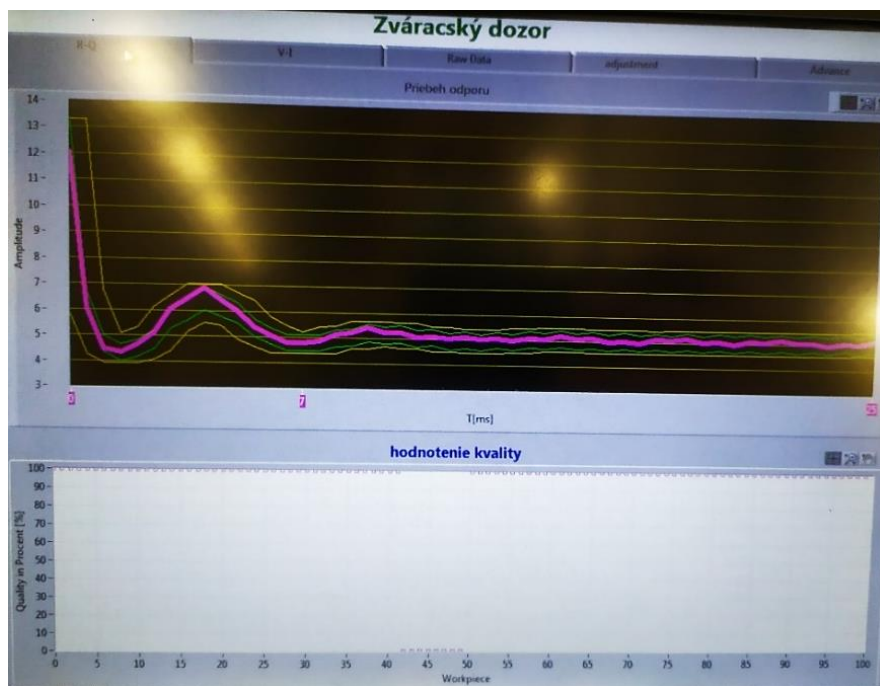


Obr. 7.19. Zváracský dozor (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

Na Obr. 7.20 sú zobrazené priebehy prúdu a napätia, ktoré boli namerané pri procese zvarovania na jednom vyrábanom diele.

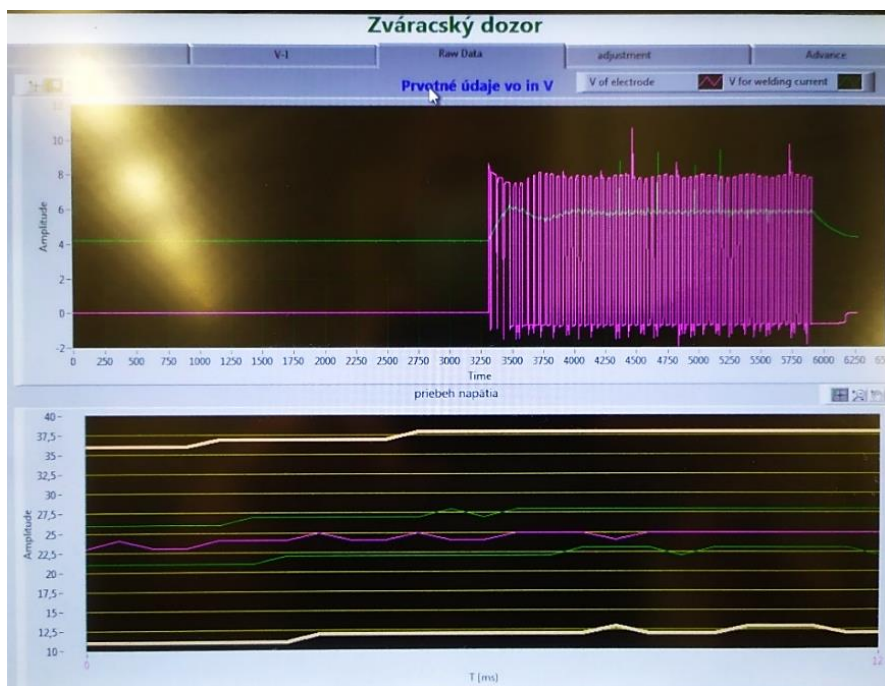


Obr. 7.20. Priebeh zvarovania – napätie a prúd (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)



Obr. 7.21. Priebeh zvárania – odpor (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

Na Obr. 7.21 a Obr. 7.22 sú uvedené priebehy odporu a regelhubu, ktoré boli namerané pri procese zvárania na jednej vyrábanej súčiastke. Pod pojmom regelhub sa rozumie hodnota, o ktorú musí zvarací invertor pridať alebo ubrať vstupný prúd aby bol dosiahnutý rovnaký zvarací prúd na výstupnom mieste ako pri poslednom zvárání.



Obr. 7.22. Priebeh zvárania – regelhub (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

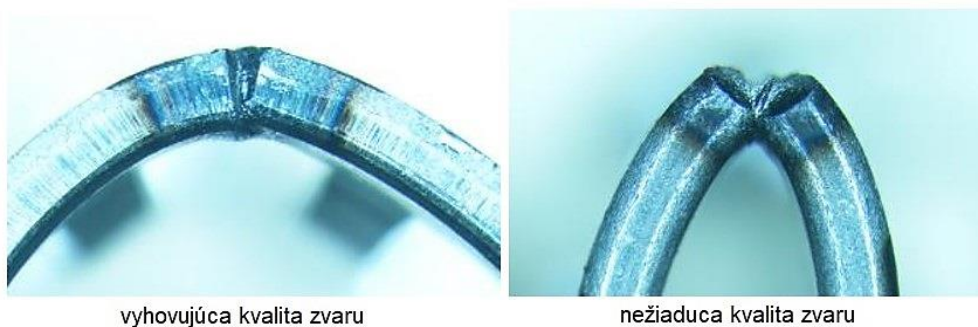
7.3.1 Skúška lomu

Kvalita finálneho dielu je hodnotená viacerými metódami. Prvou z vykonávaných skúšok je skúška lomu. Ide o jednoduchý, no najmä rýchly druh skúšania kvality dielu, keď je výsledok známy v priebehu pár sekúnd od vykonania skúšky. Na jej vykonanie nie sú potrebné žiadne technicky ani finančne náročné zariadenia a možno ju vykonávať priamo vo výrobných priestoroch bez prerušovania pracovného cyklus stroja. Ide o deformačný typ skúšania keď sa diel zaťažuje ako v radiálnom, tak axiálnom smere pomocou zariadenia, ktoré je uvedené na Obr. 7.23.



Obr. 7.23. Zariadenie používané na skúšku lomu (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

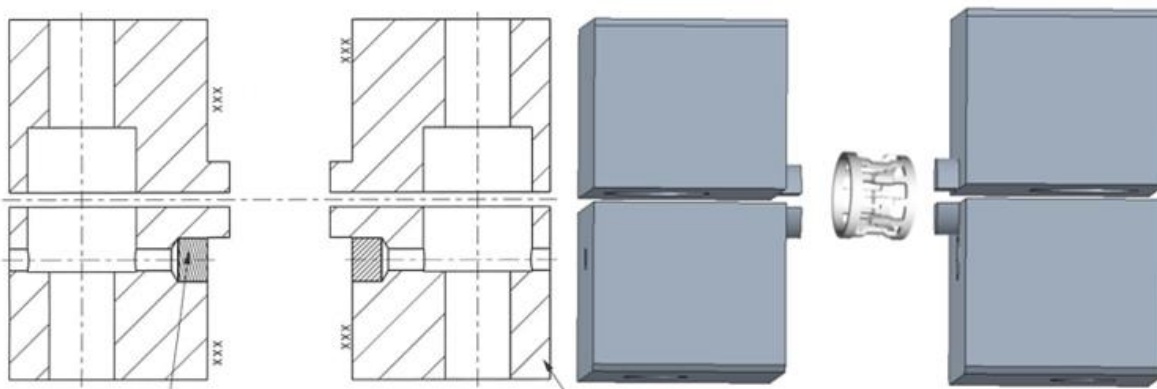
V obidvoch prípadoch teda aj radiálnom aj axiálnom smere musí zvar spĺňať všetky interné požiadavky podľa platných noriem pre danú technológiu. Výsledok pracovník posúdi okamžite a buď v produkcii pokračuje prípadne vykoná nevyhnutné úpravy. Výsledok vyhovujúceho a nežiaduceho zvaru je znázornený na Obr. 7.24.



Obr. 7.24. Výsledok skúšky lomu (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

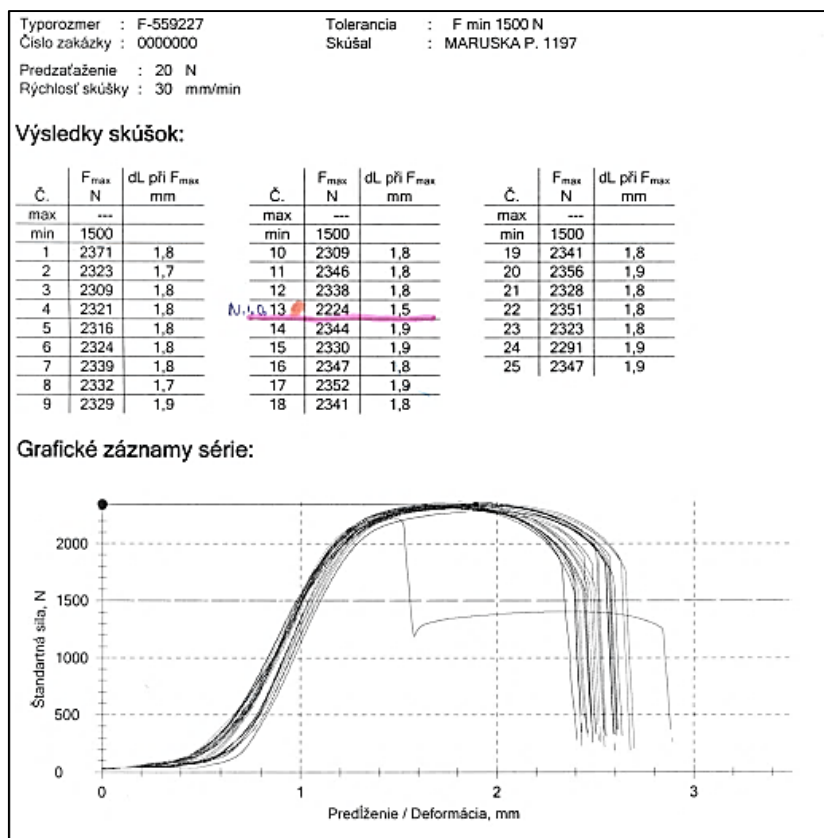
7.3.2 Skúška pevnosti zvaru

Ďalšou a veľmi podstatnou skúškou používanou vo výrobnom procese, i keď nepriamo, je skúška ťahom na zistenie pevnosti zvaru. Na výrobnom výkrese býva vo väčšine prípadov definovaná minimálna sila, ktorú musí diel pri tejto skúške vydržať. Táto sila predstavuje zaťaženie, ktoré na diel bude vyvíjané počas plného zaťaženia. V niektorých prípadoch si zákazník nárokuje, aby v prípade deštrukcie materiálu prišlo k jeho porušeniu v mieste základného materiálu a nie v mieste zvaru. Na vykonávanie tejto skúšky sa používa prípravok zobrazený na Obr. 7.25.



Obr. 7.25. Schéma a 3D model prípravku na hodnotenie pevnosti zvaru
(Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

Skúška prebieha tak, že diel sa umiestni tak, aby sa miesto zvaru nachádzalo v medzere, ktorú vytvárajú dve samostatné polovice prípravku na každej strane. Styčná plocha, o ktorú sa opiera stena dielu musí priamo kopírovať jeho tvar, aby bol výsledok skúšky čo najpresnejší, a teda každý tvarový typ výrobku má vlastné nástroje na skúšanie jeho pevnosti. Výsledkom takejto skúšky je vždy protokol (Obr. 7.26), na ktorom je zobrazený aj celý priebeh daného skúšania (množstvo skúšaných dielov, sila zaťaženia, veľkosť predĺženia či charakter deformácie).



Obr. 7.26. Protokol zo skúšky pevnosti zvaru (Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

7.3.3 Skúška dynamického namáhania

Pri všetkých nových produktoch, alebo aj produktoch, kedy dochádza k zásadnej zmene technológie výroby ako je i v prípade predkladaného dielu, je nutné simulovať zaťaženie, ktoré bude na diel vyvíjané počas bežnej prevádzky. Na odsledovanie je vhodné použiť skúšku dynamického namáhania, keď sa na viacerých dieloch skúša dynamické cyklové zaťaženie a diel musí touto skúškou prejsť bez porušenia súdržnosti materiálu.

7.4 Ekonomické zhodnotenie výroby

Zmena technológie, pre ktorú by sa mala firma rozhodnúť je pomerne zdĺhavý proces technologických skúšok a ich odsúhlasovania. Keďže z každej strany sa kladie dôraz na ekonomickú stránku výroby firma je nútená, po tlaku zákazníka, realizovať nevyhnutné kroky na zníženie výrobnéj ceny produktu. Ak po dôkladnej analýze použitej technológie nie je možné vykonať výraznú elimináciu nákladov, je nutné vybrať sa cestou zmeny technológie. V predloženej štúdii bola nutná táto zmena a výrobné náklady sa pri tomto návrhu sa upravili takto (Tab. 7.2).

Tabuľka 7.2. Porovnanie nákladov na výrobu dielu technológiami tvárnenie-zváranie a sústruženie
(Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020)

<i>Tvárnienie – Zváranie</i>		<i>Sústruženie</i>	
<i>Ročné výrobné potreby</i> (ks)	25 000	<i>Ročné výrobné potreby</i> (ks)	25 000
<i>Výrobná dávka</i> (ks)	12 500	<i>Výrobná dávka</i> (ks)	12 500
<i>Materiál</i> (€)	10,94	<i>Materiál</i> (€)	21,13
<i>Prípravná časť</i> (€)	8,29	<i>Prípravná časť</i> (€)	10,14
<i>Tvárnienie</i> (€)	27,29	<i>Obrábanie</i> (€)	38,68
<i>Cena v € pri 100 kusoch</i>	46,52	<i>Cena v € pri 100 kusoch</i>	69,95

Na základe údajov, uvedených v Tab. 7.2 vyplýva, že sa podarilo znížiť výrobné náklady a to aj napriek tomu, že z pohľadu technológie bolo nutné pristúpiť k úprave samotného dielu a to pridaním strediaceho otvoru, či vytvorením odľahčenia, ktoré bolo nutné z hľadiska aplikácie zvárania komponentu.

Záver

Táto prípadová štúdia bola zameraná na zmenu technológie výroby dielu s ekonomickým aspektom. Okrem toho však demonštruje aj všetky kroky výrobných operácií na dostupných a používaných strojoch firmy Schaeffler, spol. s r. o., Skalica. Taktiež sú v predloženej štúdii opísané všetky možnosti technológie odporového zvárania, ale aj výrobné chyby, ktoré môžu vzniknúť na danom diele a možnosti jeho skúšania deformačnými metódami.

Zoznam bibliografických odkazov

ADAMKA, J., GRUTKA, E. a VESELKO, J. 1985. Teória zvárania. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1985, 218 s.

HLAVATÝ, I. 2009. Švové odporové svařování – 22 [online] [cit 2020-08-09] Dostupné na internete: <http://fs1.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/11-22.pdf>.

HOFERICA P. 2018. APLIKACE SYSTÉMU COROTURN PRIME [online]. [cit 2020-18-09]. Dostupné na internete:

https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=174079.

Interné dokumenty Schaeffler Skalica, 2020. Výkresová dokumentácia a grafické vyobrazenie. Skalica.

JANOTA, M. 2008. Odporové svařování. Základní technologické informace. In Svět svaru, roč. XII., č. 2, 2008, s. 12 – 13. ISSN 1214-4983.

KOUTNÝ, J. 2008. Bodovky a bodování. [online] [cit 2020-08-09] Dostupné na internete: <http://svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2008033102>.

KUBÍČEK, J. 2002 . Technologie svařování [online] [cit 2020-08-09]. Dostupné na internete: <https://www.scribd.com/doc/39711167/Technologie-svarovani-Kubicek>.

- KUNCIPÁL, J. a kol., 1986.** Teorie svařování. 1. vyd. Praha : SNTL, 1986, 272 s.
- LEŽDÍK , J. a DEVEČKA, V. 2017.** Kvalita zvarových spojov a spôsob overovania postupov zvarovania v plynárenskej praxi [online]. [cit 2020-18-09]. Dostupné na internete: http://spnz.sk/stara_stranka/Casopis/04_01/04_01_02.htm.
- LIPA, M. 2000.** Odporové zvarovanie. In Zváracie metódy a zariadenia. 1. vyd. Ostrava: Zeross, 2000, 610 s. ISBN 80-85771-84-5.
- MATNET. 2006.** Odporové zvarovanie [online] [cit. 2020-07-21]. Dostupné na internete: <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=382>.
- SVARINFO. 2015.** Výpočet uhlíkového ekvivalentu [online] [cit. 2020-07-21]. Dostupné na internete: <https://www.svarbazar.cz/phprs/showpage.php?name=cekv>.
- TOLNAI, R. 2002.** Strojárska technológia. I. časť. 3 vyd. Nitra : SPU, 2002. 319 s. ISBN 80-8069-035-9.

