

Analýza kvality dodavatelů tlakových zařízení

Bc. Michal Rezek

Sekce - TEXTIL,
Fakulta textilní, 2. ročník

Magisterský studijní program – Průmyslový management ve strojírenství

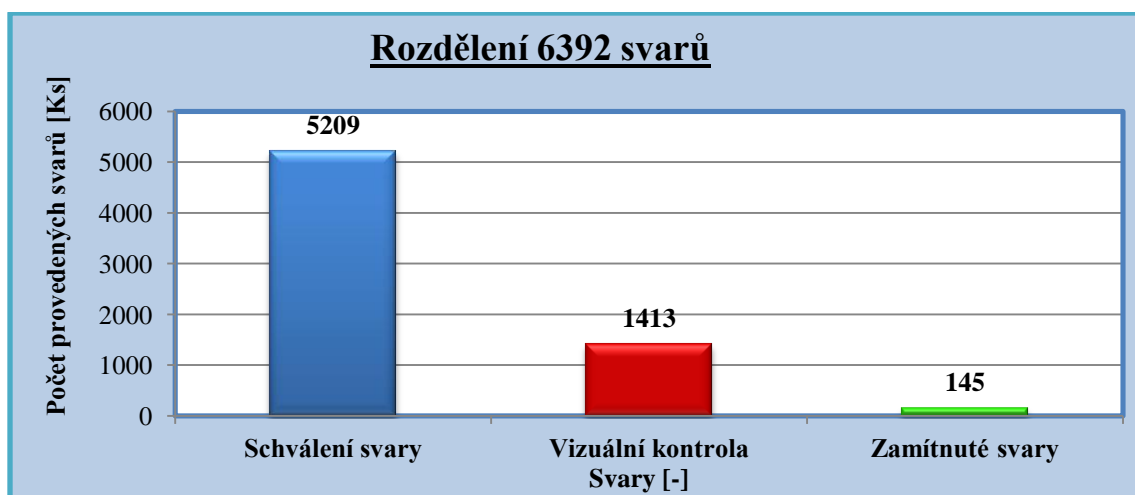
Abstrakt: Cíl práce je, že se zabývá porovnáním dodavatelů v oblasti svařování z pohledu jejich kvality výroby. Je porovnáváno celkem sedm výrobců potravinářských a chemických zařízení. Mezi hlavní body této práce patří jednotlivá porovnání jakosti jednotlivých výrobků, které jednotliví výrobci vyprodukovali. Hlavním srovnávacím ukazatelem je porovnání všech výrobců z hlediska jakosti výrobků. Dále je zkoumáno, jak svářeči odvádějí svoji práci. Vlastním přínosem jsou navrhnuta jednotlivá opatření pro zvýšení jak technologického, tak administrativního procesu zvýšení jakosti výroby.

Klíčová slova: svářeč, zamítnuté svary, podíl zamítnutých svarů ke celkovému počtu svarů

1. Rozdělení svarů

Firmy pravidelně dodávají jak jednotlivá celá zařízení, tak malé subdodávky. Na základě zjištěných údajů za posledních 5 let, lze tímto vyhodnotit jednotlivé dodavatele z hlediska jejich kvality a spolupráce s nimi při řešení vzniklých problémů. Ze získaných hodnot byl proveden rozbor jednotlivých zakázek vyrobených konkrétním výrobcem, dále se přihlíželo, jak na splnění dodacích lhůt, tak na spolupráci při výrobě a případné řešení nastalých problémů. Ze svařovacího plánu bylo zkoumáno, jak jednotliví svářeči jsou výkonní, a také jak se jim daří dodržovat předepsanou kvalitu. Ve svařovacím plánu je uvedeno číslo svářeče i způsob kontroly příslušného svaru. Všechny svary procházejí minimálně vizuální kontrolou. Na svarech, které jsou zatěžovány během provozu, jsou prováděny zkoušky nedestruktivní.

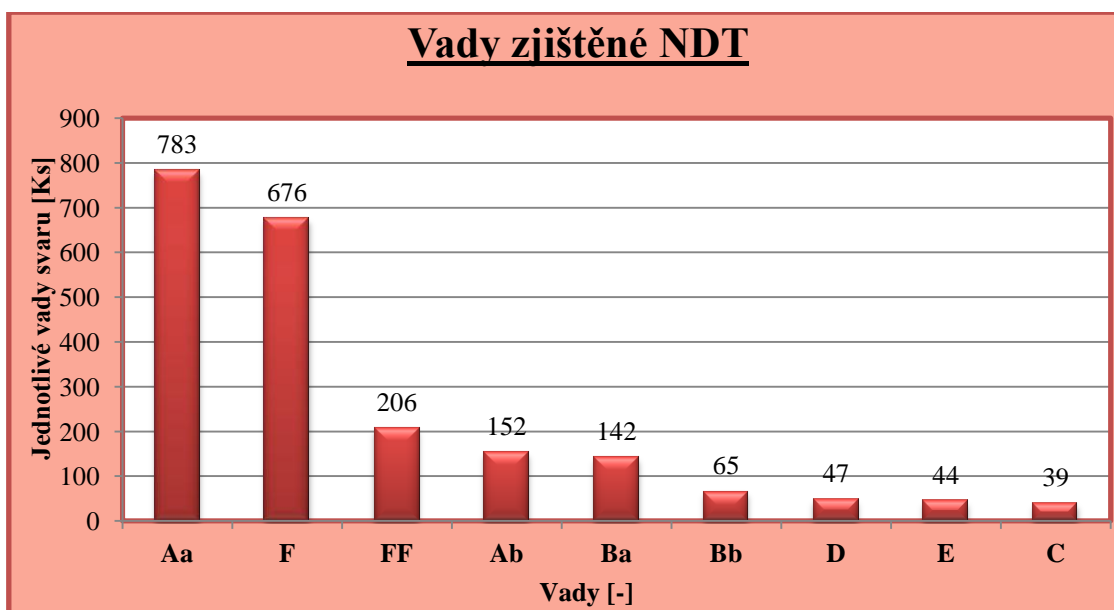
Obrázek 1 vychází z celkového počtu provedených 6747 svarů. Počet schválených svarů činí 5187 svarů tj. 76,9 %. Svarů, které prošly jen vizuální kontrolou, protože na ně nebyl požadavek o jejich dalším zkoušení je 1413 svarů tj. 20,9 %. Poslední složkou jsou na obrázku 1 zamítnuté svary. Těch bylo 145, což je 2,1 %. U těchto svarů musela být provedena oprava.



Obrázek 1: Rozdělení svarů

Veškeré vady byly zjišťovány pomocí nedestruktivních zkoušek. Byly použity tyto jednotlivé zkoušky: zkouška prozářením, zkouška ultrazvukem a penetrační zkouška.

Na obrázku 2 bylo znázorněno devět typů vad svarů. Tyto vady jsou seřazeny podle četnosti. Celkem bylo zjištěno **2154** vad. Vada **Aa** „bubliny“ tvoří podíl z počtu vad ve výši **36,35 %**. Na druhém místě je vada **F** „zápalý“. Tato vada je definována procentuálním podílem **31,38 %**. Na třetím místě je vada **FF** s procentuálním podílem **9,56 %**. Čtvrté místo zastává vada **Ab** s podílem **7,06 %**. Na pátém místě je druh vady **Ba** s podílem **6,59 %**. Na šestém místě najdeme vadu **Bb** s podílem **3,02 %**. Na sedmém místě je typ vady **D** s procentuálním podílem **3,01 %**. Na předposledním místě je vada **E** s procentuálním podílem **2,04 %**. Na posledním místě, a to devátém, je vada **C** s procentuálním podílem **1,81 %**. Podle jednotlivých četností vad je zřejmé, že největší zastoupení mají vady **Aa** a **F**. Vady závažného charakteru na bezpečnost provozu jsou vady **D**, **E** a **C**.

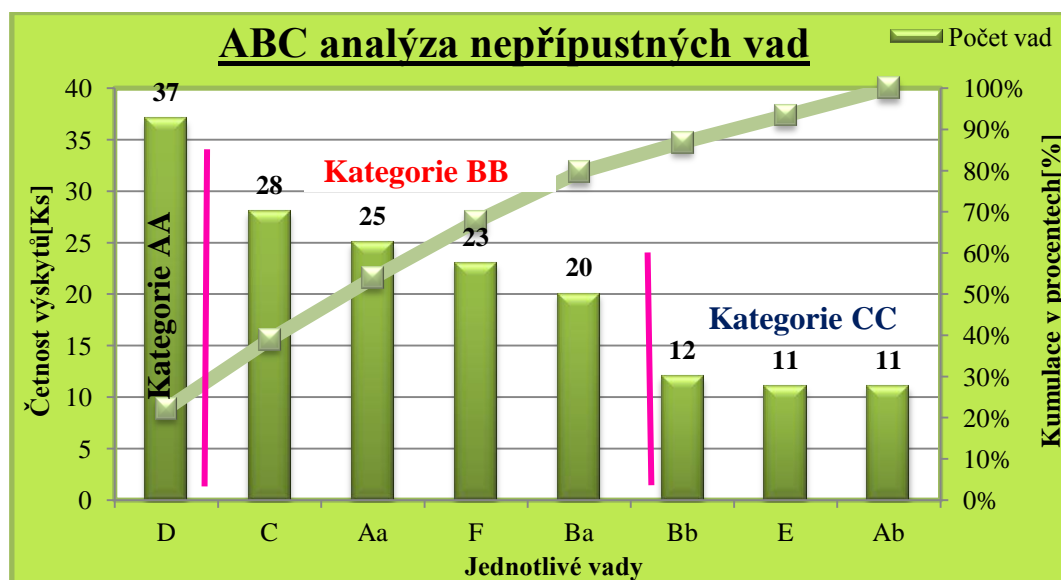


Obrázek 2: Zjištěné vady NDT

1.1. Nepřípustné vady

V této části jsou řešeny nepřípustné vady. Nepřípustné vady jsou vady, které překročily příslušnou toleranci, kterou stanovují normy buď ASME Code a nebo ČSN. Tyto vady musejí být opraveny. Oprava v našem případě znamená, že svár musí být odstraněn a znovu zavařen. Díky tomu vzniká více práce a vznikají další náklady na výrobu.

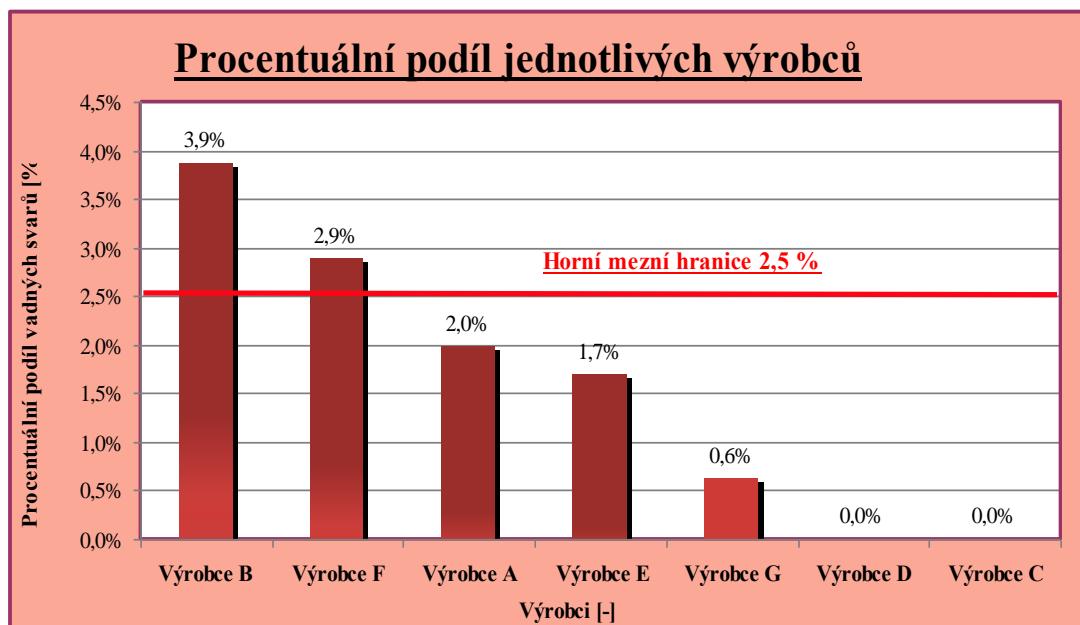
Nepřípustné vady byly rozděleny podle ABC analýzy do tří kategorií. Do **kategorie AA** spadají pouze vady typu **D** s počtem 37 vad z celkového počtu vad 167. To činí procentuální podíl 22,16 %. Do **kategorie BB** spadají vady typu **C, Aa, F, a Ba**. U vady **CC** je procentuální podíl roven 16,77 %. Vada **Aa** je dána podílem 14,97 %. V případě **F** je dána hodnotou procentuálního podílu 13,77 %. Vada **Ba** zastupuje podíl vad 11,98 %. Vady **Bb, E a Ab** řadíme do **kategorie C**. Vada **Bb** má hodnotu 7,19 %. Vady **E a Ab** mají stejnou hodnotu, a to 6,59%. Všechny tyto údaje jsou graficky znázorněny na obrázku 3.



Obrázek 3: ABC - Analýza nepřípustných vad

1.2. Hodnocení výrobců

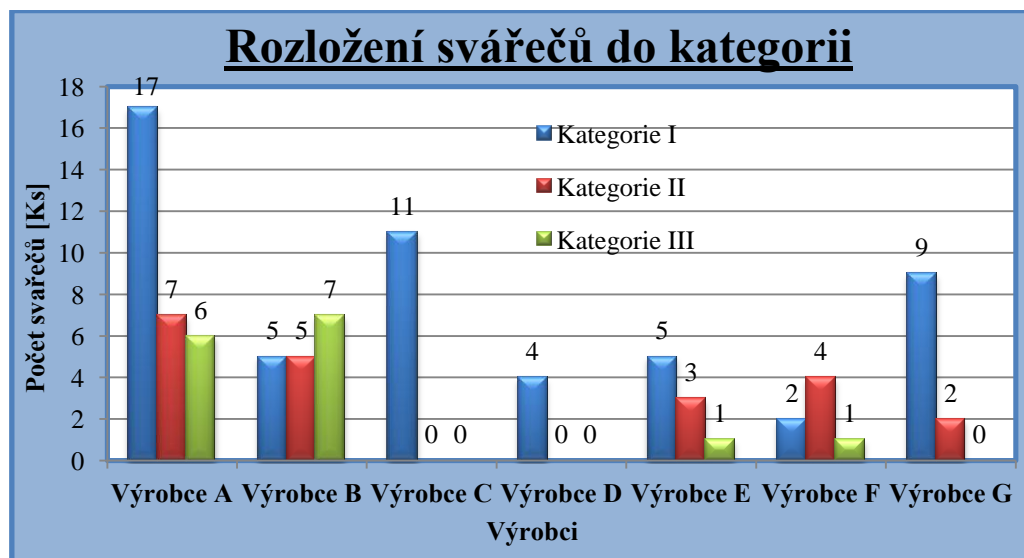
Dalším kritériem hodnocení je podíl zamítnutých svarů k provedeným svarům. U tohoto podílu je mezní hranice 2,5 %. Výrobci nad touto hodnotou nesplňují požadovanou kvalitu jakosti. Jde o **Výrobce B a F**. **Výrobce B** je na hodnotě 3,87 % a **výrobce F** dosahuje podílu 2,89 %. Pod mezní hodnotou se pohybují tři výrobci v rozsahu 0,62 % až 2,00 %. Jsou to **výrobci A, E a G**. Tito výrobci drží příslušnou kvalitu. **Výrobce D a C** dopadli z tohoto hlediska kvality nejlépe. Jejich výroba totiž neprodukuje žádné zamítnuté svary, tudíž je tento podíl 0 %. Tyto dva výrobci mají ve srovnání s ostatními menší počet provedených svarů. U výrobců **B a F** se budou zavedena jistá opatření ke snížení podílu zamítnutých svarů k počtu provedeným svarům.



Obrázek 4: Procentuální podíl jednotlivých výrobců.

1.3. Přehled svářečů v jednotlivých kategoriích

Celkem bylo ohodnoceno **89** svářečů. Tito svářeči byli rozděleni do tří kategorií **I**, **II** a **III**. V kategorii **I** je zařazeno **53** svářečů. Tato kategorie má největší zastoupení tj. **59,6 %** procent všech porovnávaných svářečů. Do kategorie **II** bylo zařazeno **21** svářečů, což je **23,6 %** všech svářečů. V poslední kategorii **III**, kdy svářeči překročili podíl nepřijatelných vad 5 %, je **15** svářečů, což tvoří **16,9 %**. V kategorii **III** si vedli nejhůře výrobci **A** a **B**. U výrobce **A** jde o **7** svářečů. U výrobce **B** bylo o jednoho svářeče méně než u výrobce **A**. Ostatní výrobci **E** a **F** mají po **jednom** svářeči. Přehled rozdělení jednotlivých kategorií je na obrázku číslo 5.



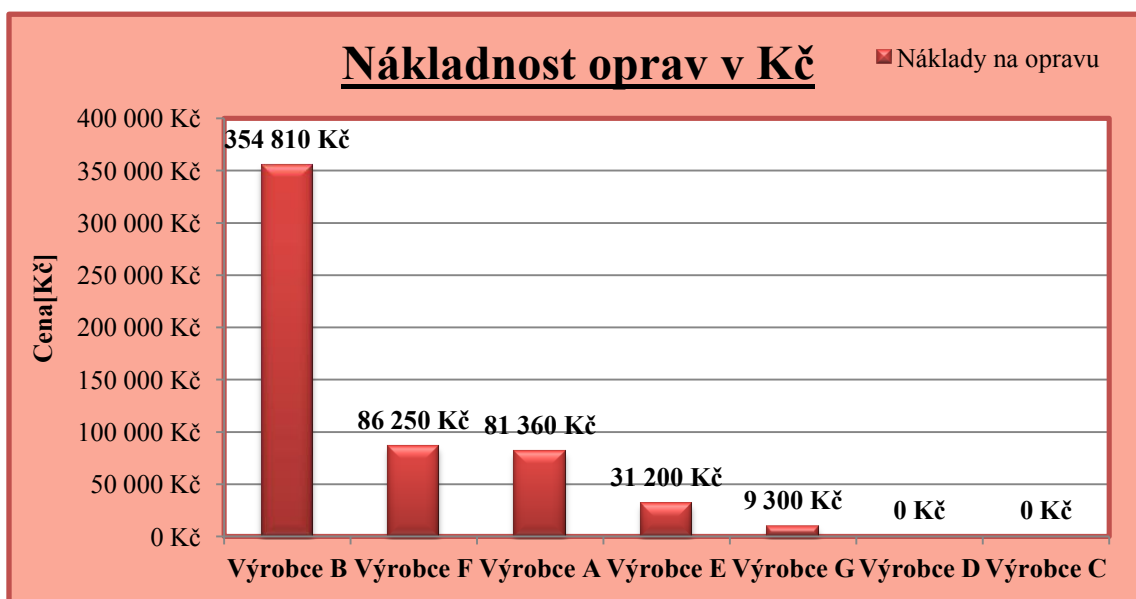
Obrázek 5: Rozložení svářečů do jednotlivých kategorií

1.4. Celkové vyčíslení nákladů na opravu svarů

Po vyhodnocení jednotlivých dodavatelů byla stanovena cena na opravu svarů. Celková náklady činí **562 920 Kč**. Na obrázku 6 je zřejmé, že největší náklady má výrobce B. Jeho náklady byly vyčísleny na hodnotu **354 810 Kč**, a to je **63 %** ze všech nákladů na opravu. Dále jsou tu dva výrobci F a A, kteří mají srovnatelnou cenu. Rozdíl mezi nimi je rozdíl necelých 5 000 Kč. Ale daleko za větší rozdíl bych považoval to, že výrobce F má menší normohodinu, než u výrobce A. Tento rozdíl je 180 Kč na hodinu. Přesto, že výrobce F má zamítnutých svarů o 4 méně než výrobce A, rozdíl mezi těmito výrobci je takový, že u výrobce F jsou opravy rozloženy do čtyř svářečů. Například výrobce A má 30 zamítnutých svarů a tyto svary jsou rozloženy mezi 10 svářečů.

Šest svářečů má po jednom zamítnutém svaru a jejich oprava je stanovena na 1 hodinu. U výrobce F představují náklady **86 250 Kč**. Tato částka tvoří **15,3 %** celkových nákladů. Podobné je to i u výrobce A. Jeho náklady jsou vyčísleny na hodnotu **81 360 Kč**, což je **14,5 %** ze všech nákladů na opravu. Dalším výrobcem je výrobce E, jehož náklady na opravu jsou vyčísleny na **31 200 Kč**. Tato částka tvoří **5,5 %** ze všech nákladů. Poslední výrobcem, který má náklady na opravu je výrobce G, jehož náklady jsou **9 300 Kč**. Tato částka je **1,7 %** ze všech nákladů.

Výrobce C a D nemají náklady na opravu, protože se nevyprodukovaly žádné zamítnuté svary. Po této stránce jsou na tom nejlépe a nejhůře na tom je výrobce B.



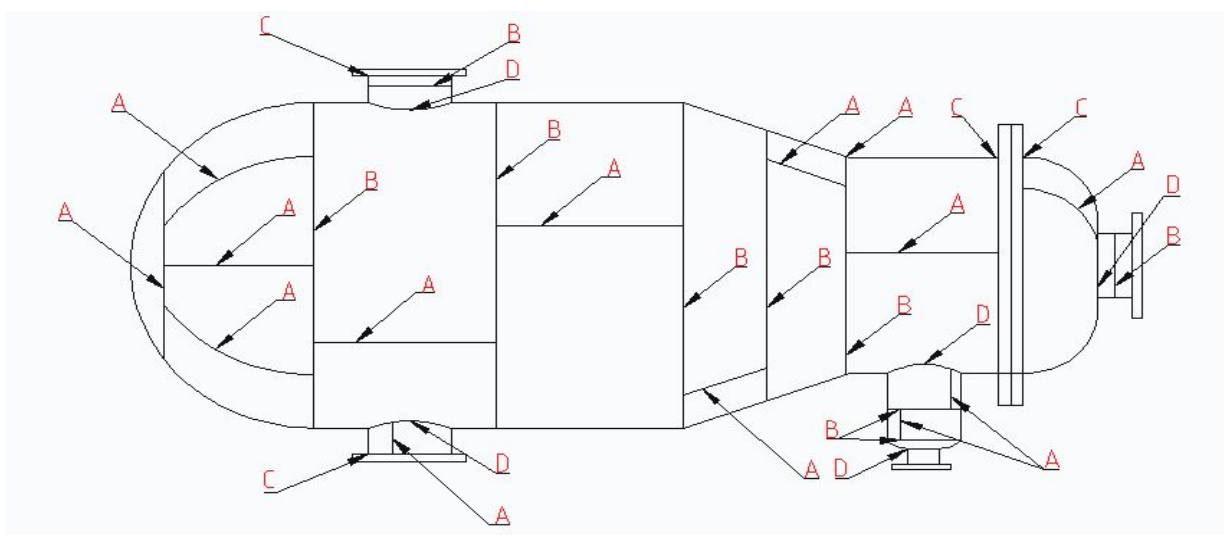
Obrázek 6: Celkový přehled všech výrobců jejich nákladů na opravu svarů

1.5. Rozdělení zamítnutých svarů podle typu spoje

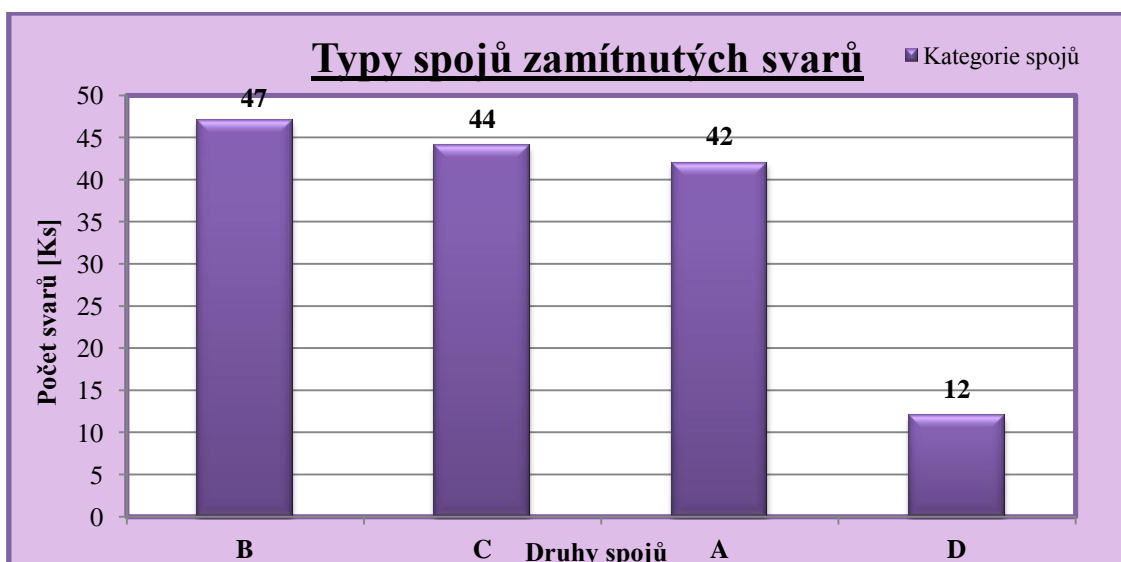
Při svařování tlakových zařízení existují čtyři kategorie typů spojů. První kategorie spojů je označována jako A. Do této kategorie spadají spoje podélné. Do druhé kategorie označována jako B,

kam spadají svary příčné. Třetí kategorie je označována písmenem C. Do kategorie C spadají spoje pomocí přírub a základního materiálu. Poslední kategorií jsou spojení typu D, ve kterém jde o spojení základního materiálu s armaturami či kontrolními vstupy a výstupy. Ze zamítnutých svarů u jednotlivých výrobců byl proveden rozbor jednotlivých zamítnutých svarů, které byli postupně zařazeni do čtyř kategorií, které odpovídají příslušným typům spojů. Přehled, jak si jednotliví výrobci vedli, je na obrázku 39. Z dat je zřejmé, že nejvíce vad bylo u spojení typu B, což jsou příčné spoje mezi jednotlivými díly aparátu.

Na dalším místě s nepatrnou ztrátou jsou spoje typu C. Dalším spojením je typ A. mezi těmito typy spojů jsou malé rozestupy. Poslední typ spojení je D. U tohoto typu spojení byl nejmenší výskyt zamítnutých svarů s počtem 12. Toto rozdělení se odvíjelo od počtu zamítnutých svarů, proto u výrobce C a D nejsou žádné hodnoty, jelikož u jejich výroby nebyly zamítnuté svary. Nejhůře na tom byl výrobce B s počtem 68 zamítnutých svarů, které byly rozděleny do čtyř kategorií. Kategorie s největším výskytem zamítnutých svarů byla C s počtem 26. Další kategorie je B s 19 zamítnutými svary. Další kategorie je A s 14 zamítnutými svary. Výrobce A měl 30 zamítnutých svarů. Do kategorie A připadlo celkem 15 zamítnutých svarů. Ještě stojí za zmínění, že od výrobce A bylo zařazeno 12 zamítnutých svarů do kategorie B. Výrobce F má stejný počet zamítnutých svarů, tj. 9 zamítnutých svarů, v kategorii B a C. Další kategorie A má o jeden zamítnutý svar méně než kategorie B. Poslední výrobce G má největší zastoupení v kategorii B s počtem 4 zamítnutých svarů. Jeden zamítnutý svar byl zařazen do kategorie D. Charakter jednotlivých spojů je znázorněn na obrázku 7. A na obrázku 8 je znázorněna četnost jednotlivých spojů pro zamítnuté svary.

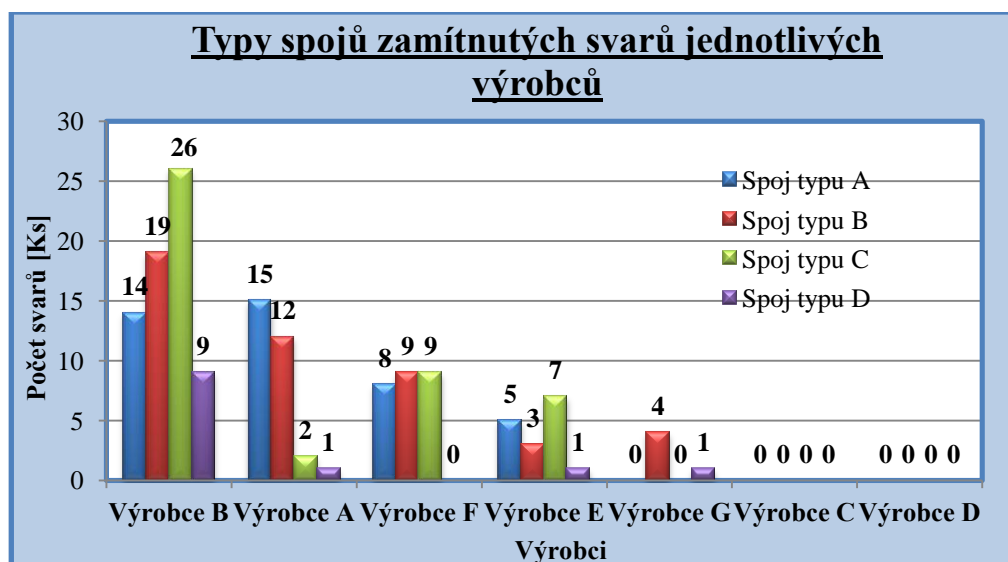


Obrázek 7: Kategorie svarů tlakových zařízení



Obrázek 7: Typy spojů zamítnutých svarů rozdělení do jednotlivých kategorií

Na obrázku 7 jsou znázorněny typy spojů, ve kterých byla diagnostikována nepřipustná vada. Na základě obrázku je vidět, že jsou zde tři vyrovnané druhy spojení. Tyto spojení se mezi sebou liší minimálními rozdíly. U těchto typů byla doporučena větší intenzita kontrol, aby došlo ke snížení počtu vad. Na posledním místě je typ spoje D, tento spoj představuje spojení se základním aparátem a přírubou. Jedná se o spoje elipsoidních tvarů a těžko přístupných míst. Tyto spoje jsou náročnější na výrobu.



Obrázek 8: Typy spojů pro jednotlivé výrobce

1.6. Motivačně represivní systém

Opatření pro zvýšení kvality vychází z rozdělení svářečů do tří základních skupin **I**, **II**, **III**. Na základě rozdělení byl navržen systém opatření pro zvýšení kvality. Byla stanovena motivace

jednotlivých svářečů a také represivní opatření vůči jednotlivým svářečům. Motivační opatření bylo navrženo tak, že byl snížen základ hrubé mzdy. Na druhou stranu byla zvýšena motivační složka. Motivační složka by se skládala ze dvou částí. První část by byla určena podle navrženého systému odměňování. Druhou částí pohyblivé složky je finanční ohodnocení za dlouhodobé udržení stálosti kvality.

První část motivační složky:

- **Kategorie I** – svářeči zařazení do této kategorie, budou získávat navíc **25 %** ze základu hrubé mzdy.
- **Kategorie II** – tato kategorie je nadále dělena do dalších tří podskupin.
 - **II₁** – svářeči spadající do podílu zamítnutých svarů v rozmezí **0 ÷ 2 %** budou finančně motivováni zvýšením mzdy o **15 %** ze základu hrubé mzdy.
 - **II₂** – svářeči spadající do podílu zamítnutých svarů v rozmezí **2 ÷ 4 %** budou finančně motivováni zvýšením mzdy o **10 %** ze základu hrubé mzdy.
 - **II₃** – svářeči spadající do podílu zamítnutých svarů v rozmezí **4 ÷ 5 %** budou finančně motivováni zvýšením mzdy o **5 %** ze základu hrubé mzdy. Nadále budou upozorněni na aktuální zařazení do určité kategorie a dále budou upozorněni na zvyšující se riziko zařazení do kategorie **III**.
- **Kategorie III** – tato kategorie je nadále dělena do dalších tří podskupin.
 - **III₁** – svářeči spadající do podílu zamítnutých svarů v rozmezí **5 ÷ 10 %** budou finančně sankciováni snížením mzdy o **5 %** ze základu hrubé mzdy. Dále bude muset svářeč úspěšně absolvovat proškolení svářečů.
 - **III₂** – svářeči spadající do podílu zamítnutých svarů v rozmezí **10 ÷ 15 %** budou finančně sankciováni snížením mzdy o **10 %** ze základu hrubé mzdy. Dále bude muset svářeč úspěšně absolvovat rekvalifikační svářečský kurz. To znamená znovu získání svářečského oprávnění.
 - **III₃** – svářeči spadající do podílu zamítnutých svarů v rozmezí **15 ÷ 20 %** budou finančně sankciováni snížením mzdy o **15 %** ze základu hrubé mzdy. Dále bude muset svářeč úspěšně absolvovat rekvalifikační svářečský kurz. To znamená znovu získání svářečského oprávnění. Svářeč bude přeřazen na jednodušší práci. Bude upozorněn na blížící se možnost zařazení do následující kategorie **III₄** nebo možnost ukončení pracovního poměru.
 - **III₄** – Při opakovaném překročení podílu zamítnutých svarů o **20%** bude rozvázáno pracovní poměr s dotyčným svářečem.

Druhá část motivační složky

Druhou částí motivační složky je ohodnocení za dlouhodobé dobré výsledky práce. Myšleno je to tak, nedochází-li k pravidelnému přesunu jednotlivých svářečů do jiných kategorií. Svářeč bude hodnocen za období 3 měsíců. Pokud si svářeč udrží aktuální kategorii, anebo se posune o kategorii výše, dostane finanční přílepkšení 2,5 % ze základu hrubé mzdy. Tato motivace platí pouze za předpokladu, že svářeč nepřekročí hodnotu 5 % z podílu zamítnutých svarů. Pokud by svářeč byl podle výkonu zařazen do horší kategorie, tak automaticky nemá na tuto odměnu nárok.

1.7. Návrh opatření pro zvýšení kvality výrobků

Návrhem opatření pro zvýšení kvality je myšleno systém kontroly výroby. Systém kontroly je u každé zakázky odlišný, a těžko se dá zvolit obecně jeden postup. Bylo navrženo zvýšit počet kontrol při výrobě. Kontroly by probíhaly dvojího typu. První typ kontroly je ohlášená kontrola v průběhu výroby celého zařízení. Tyto kontroly by měly probíhat od přípravných prací až po dokončení realizace. Druhým typem kontroly navrhuji náhodnou kontrolu výroby, kde by měly být obecně dodržovány technologické výrobní postupy. Tato opatření by měla přinést dodržování smluvních termínů. Díky častějším kontrolám se dá daleko dříve odhalit konstrukční problém. Vzniklý problém se dá operativně vyřešit a nedojde k časovému posunu zhotovení výrobku.

Dalším návrhem opatření ke zvýšení kvality je každodenní reporting provedené práce. V reportingu bude popsáno to, co bylo provedeno podle plánu i mimo něj. K reportu bude přidán obrazový záznam o aktuálním stavu výroby. Na pracovníkovi, který má na starost řízení jakosti, je, aby report od výrobce následně ověřil a zjistil jeho pravdivost. Ověření reportu lze provádět dvěma cestami. První cesta je sledování obrazových záznamů poskytnuté výrobcem. Při podezření, že daný výrobek nabírá zpoždění výroby, se může vyskytnout situace, že výroba zařízení bude pozastavena na úkor jiného výrobku, pokud problém nebyl projednán s příslušným zodpovědným pracovníkem řízení jakosti. Realnost reportingu se dá ověřit již jednou zmíněnou neohlášenou kontrolou. Tímto bude vyvíjen tlak na správnost a úplnost jednotlivých reportů o stavu dané výroby.

Další možností kontroly je sledování online výroby. Tento princip by byl realizován pomocí wifi-kamer, které by sledovaly průběh výroby celého zařízení. Wifi- kamera by odeslala snímek každou minutu o průběhu výroby. Druhou možností je záznam videa. Tento způsob záznamu je mnohonásobně náročnější na datové úložiště než u pořizování snímků po určité časové době.

Sledováním výroby pomocí wifi kamer se můžeme dostat do sporu se zaměstnanci, kteří se podílejí na výrobě. Zaměstnancům se nemusí líbit, že budou během výroby sledováni. Výhodou pro zaměstnance je, že se může ukázat u některých pracovníků mnohem menší pracovní vytížení. Dále záleží jen na daném zaměstnavateli, jak s těmito daty naloží. Jednou z výhod sledování výroby je bezpečnost v daném objektu.

2. Závěr

Přínosem této práce je, že byla prováděna ve spolupráci s firmou ZVU Engineering. Bylo porovnáváno 7 výrobců. Celkem bylo analyzováno 89 svářečů. Tito svářeči provedli 6392 svarů. U počtu 1413 byla provedena vizuální kontrola. Nepřípustných svarů bylo 145. Těchto 145 svarů bylo nadále zkoumáno. Byly zjištěny jednotlivé vady jak u přípustných a nepřípustných svarů. U nepřípustných svarů byla provedena ABC analýza, které určila jako vadu D. Tato vada D tedy neprovařeny kořen se vyskytl v počtu 37 vad. Dále byli zkoumáni jednotliví výrobci, jak jsou na tom s kvalitou výroby. Byla stanovena horní mezní hranice 2,5 % podílu zamítnutých svarů ke všem svarům. Pět ze sedmi výrobců se vešlo pod tuto hranici. Výrobci B a F překročili tuto přípustnou hranici. Pro tyto výrobce znamená, že dojde ke zvýšení kontrol.

U každého výrobce bylo provedeno rozřazení navrhnutého motivačně represivního opatření, které je rozebráno v kapitole 1.6. Grafické znázornění jednotlivých svářečů je na obrázku 8.

Přínosem této práce je zjištění výskytu vad při spojení jednotlivých částí tlakových zařízení. Touto cestou se můžeme dospět ke snížení výskytu zamítnutých svarů. A tím ušetření nákladu na opravu.

Posledním bodem je, že byl navrhnut systém kontroly kvality. Kontrola je možná třemi způsoby. Prvním případem je pravidelná kontrola stavu výroby a denní report o stavu výrobu. Na tuto část reaguje neohlášené inspekce výroby. Ta může odhalit pravdivost reportů. A poslední možností je sledování výroby online pomocí wifi kamer.

Mohu říci, že došlo k aplikování některých návrhů do systému kontroly. Dále bylo potvrzeno, jak si jednotliví výrobci stojí s kvalitou výroby. Pro oddělení řízení a jakosti byla tato práce podnětem k zvýšení dohledů při výrobě. Zde je nadále možnost pokračování další spolupráce mezi Technickou univerzitou a firmou ZVU Engineering.

Literatura

- [1] ČVUT.cz. [online]. [cit. 2013-02-09]. Dostupné z:
http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/TE1/def_kontrola_sv.pdf
- [2] BALEJ, Zdeněk, Vladimír KUDĚLKA a Jan OPLETAL. *Základní kurs svařování metodou 141 se souborem testových otázek*. 2009. Vyd. ZEROSS, 2009.
- [3] ČSN EN 13445-1. Netopené tlakové nádoby – Část 1: Všeobecné, Praha: Český normalizační institut, červen 2003
- [4] ASME Boiler & Pressure Vessel Code VIII Division 1: RULES FOR CONSTRUCTION OF PRESSURE VESSLS, The American Society of Mechanical Engineers, 1.6. 2007