

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

STROJE A NÁSTROJE PRO ROVNÁNÍ POLOTOVARŮ

MACHINES AND TOOLS FOR STRAIGHTENING OF SEMI-FINISHED PRODUCTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ JUN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. EVA ŠMEHLÍKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Jun

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Stroje a nástroje pro rovnání polotovarů

v anglickém jazyce:

Machines and tools for straightening of semi-finished products

Cíle, kterých má být dosaženo:

Provedení průzkumu v oblasti tváření a vytvoření přehledu současných metod rovnání. Stručný popis nejnovějších metod a uvedení jejich předností. Vše doplněné obrázkovou dokumentací.

Charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o vytvoření přehledu moderních strojů a nástrojů pro rovnání polotovarů. V práci by měl být uveden přehled a stručný popis metod rovnání a jejich praktické využití.

Základní literární prameny:

- PROCHÁZKA, Jiří, et al. *Technologie slévání, tváření a svařování*. 3. vyd. Praha: ČVUT v Praze, 1990. s. 343. ISBN 80-01-00345-0.
- NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
- DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- NOVOTNÝ, Karel, MACHÁČEK, Zdeněk. *Speciální technologie I : Plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: Nakladatelství VUT Brno, 1992. s. 171. ISBN 80-214-0404-3.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Eva Šmehlíková, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 20.04.2011

L.S.

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

JUN Tomáš: Stroje a nástroje pro rovnání polotovarů

Projekt vypracovaný v rámci inženýrského studia oboru B-STI Strojní inženýrství předkládá přehled strojů a nástrojů pro rovnání polotovarů. Na základě literární studie problematiky plošného tváření a internetového průzkumu je v práci představena technologie rovnání, rovnačky i speciální metody rovnání.

Klíčová slova: technologie rovnání, rovnačky

ABSTRACT

JUN Tomáš: Machines and tools for straightening of semi-finished products

This dissertation, prepared in the context of the study branch of Mechanical Engineering B-STI, presents an overview of machines and tools for straightening of semi-finished products. Based on a study of literature and on internet research, the dissertation analyzes straightening technologies, straightening machines and special straightening methods.

Keywords: straightening technologies, straightening machines

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JUN Tomáš. *Stroje a nástroje pro rovnání polotovarů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 30 s., CD. Vedoucí práce Ing. Eva Šmehlíková, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

Ve Žďáře nad Sázavou dne 20.4.2011

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji Ing. Evě Šmehlíkové, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání	
Abstrakt	
Bibliografická citace	
Čestné prohlášení	
Poděkování	
Obsah	
	Str.
1. ÚVOD	10
2. TECHNOLOGIE ROVNÁNÍ	11
2.1. PRINCIP ROVNÁNÍ	11
2.1.1 Princip rovnání součástí z plechů	12
2.1.2 Princip rovnání tyčí	14
2.2 ROVNAČKY	15
2.2.1 Ruční rovnání	15
2.2.2 Strojní rovnání	16
Rovnačky na plech	16
Válečkové rovnačky tlustých plechů	18
Rovnačky tyčí	19
Rovnačky profilů	20
Řízení rovnačky profilů	22
2.3 ROVNÁNÍ PLAMENEM	22
2.4 BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY NA KONSTRUKCI	24
2.5.2 Požadavky na základní konstrukční prvky	24
3. ZÁVĚR	25

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

1. ÚVOD

Výrobní technologie rovnání (dále jen rovnání) je velmi využívanou metodou u mnoha firem bez ohledu na jejich velikost. Její uplatnění je jak u hromadné tak i sériové výrobě. Setkáváme se s ní ve strojírenství, stavebnictví, ale i v textilním, leteckém a lodním průmyslu. Převážně se jedná o rovnání plechů, drátů, tyčí, profilů a trub. Některé z daných polotovarů jsou uvedeny na obr. 1. Rovnání se užívá též pro odstranění deformací při výrobě výstřížků, ohýbaných součástí a výtahů. V dané práci je uveden princip rovnání, různé metody rovnání, výrobní postupy a používané stroje a nástroje. Je zde poukázán také rozdíl mezi rovnáním plechů a tyčí.



Obr. 1 Příklad polotovarů vhodných pro rovnání [3], [4], [5]

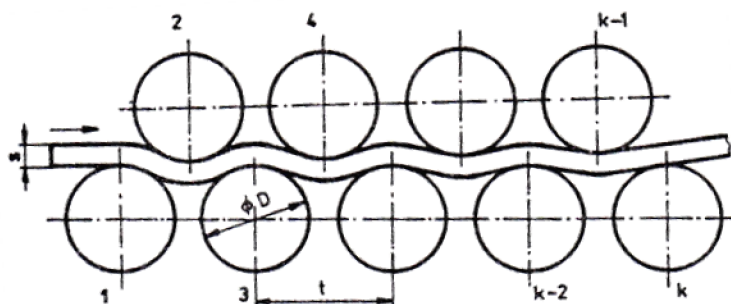
2. TECHNOLOGIE ROVNÁNÍ

Nejsnáze se rovná polotovar tak, že se ohne do opačného směru než je zdeformovaný.

2.1 PRINCIP ROVNÁNÍ [1],[2],[15],[16],[17],[18]

Zdeformovaný polotovar se nejsnáze opraví ohýbáním v opačném směru vůči deformaci. Při rovnání musíme počítat s odpružením a přizpůsobit ohyb tak, aby materiál zůstal rovný.

Pokud je polotovar zakřiven stejně v celém průřezu (svitky plechů, drátů) dá se rovnat jen jednoduchým ohybem v jedné rovině. Ve většině případů se však stává, že deformace je nepravidelná. To znamená, že je polotovar zakřiven na různých místech různou velikostí deformace a směrech. V těchto případech rovnání je nutné nejprve materiál zakřivit v celém rozsahu, a to v obou směrech ztatečně víc než jsou vzniklé nerovnosti. Po této fázi můžeme materiál rovnat. Takový proces se provádí na rovnacím zařízení, které se skládá z řady válců (rovnání plechů) či profilových kotoučů (rovnání tyčí, drátů, atd.). Příklad rovnacího zařízení je schematicky znázorněno na obr. 2.



Obr. 2 Schéma rovnacího zařízení složené z válců [1]

Všechny válce jsou poháněny. U vstupu jsou válce tak přiblíženy, aby se materiál střídavě ohýbal oběma směry. Na výstupní straně jsou koncové válce obou skupin tak přiblíženy, že pás plechu po odpružení vychází rovný. Počet válců bývá 7 – 17 i více. Deformovaný plech je potřeba před rovnáním ohnout, tak aby byl v celém svém průřezu namáhán na mez kluzu R_e . Velikost takového ohybu zjistíme pomocí výpočtu ohybového momentu M . Na polotovar musí působit zatížení prvních válců P_1, P_2, P_3 . Zatížení třetího válce musí být největší a na následujících válcích se zatížení snižuje. Koncové rovnací válce ohýbají polotovar jen nepatrně. Největší namáhání má třetí válec od konce, proto počítáme P_{k-2}, P_{k-1}, P_k , kde $M_e < M$ (M_e je ohybový moment na posledních válcích). Rozteč ve skupině bývá $t = 50 - 150 \text{ mm}$ v závislosti na tloušťce polotovaru nebo ji lze vypočítat z rovnice (2.4).

Vztah pro ohybový moment - M

$$M = \frac{b \cdot s^2}{4} \cdot R_e \quad [\text{Nm}] \quad (2.1)$$

kde: b – šířka rovnacího plechu [mm]
s – tloušťka plechu [mm]
R_e – mez kluzu [MPa]

Vztah pro tlakové zatížení prvních tří válců - P_i

$$P_1 = \frac{2 \cdot M}{t}, P_2 = \frac{6 \cdot M}{t}, P_3 = \frac{8 \cdot M}{t} \quad [\text{MPa}] \quad (2.2)$$

kde: M – ohybový moment [Nm]
t – roztečná vzdálenost válců [mm]

Vztah pro tlakové zatížení posledních tří válců - P_{k-i}

$$P_{k-2} = \frac{8 \cdot M_e}{t}, P_{k-1} = \frac{6 \cdot M_e}{t}, P_k = \frac{2 \cdot M_e}{t} \quad [\text{MPa}] \quad (2.3)$$

kde: M_e – ohybový moment [Nm]
t – roztečná vzdálenost válců [mm]

Vztah pro roztečnou vzdálenost - t

$$t = (1,35 - 1,1) \cdot D \quad [\text{mm}] \quad (2.4)$$

kde: D – průměr válců [mm]

2.1.1 Princip rovnání součástí z plechů [1],[2],[16],[17],[18]

Při výrobě součástí z plechu např. stříháním, ohýbáním, tažením se stává, že výrobky nejsou rovné, proto místa, u kterých by to mohlo být na závadu je nutné rovnat. Rovnání bývá prováděno v jednoduchém nástroji na lise. Provádí se několika způsoby.

- Přehnutí o příslušný úhel na opačnou stranu prohnutí. Tento případ vyžaduje malé tvářecí síly. Je, ale nevýhodný, protože pro každý výrobek nebo nerovnost je zapotřebí zvláštní nástroj.
- Tlakem mezi rovinnými hladkými čelistmi (rovinným kalibrováním). Zobrazeno na obr.3a. Zde jsou potřeba mnohem větší tvářecí tlaky. Tloušťka jednotlivých výlisků, která je rozdílná (v toleranci tloušťky plechu) působí nepříznivě, zvláště u více kusů srovnány vedle sebe. Nepříznivé namáhání lisu zmírníme poskládáním výlisků na sebe. Je to způsobeno tím, že

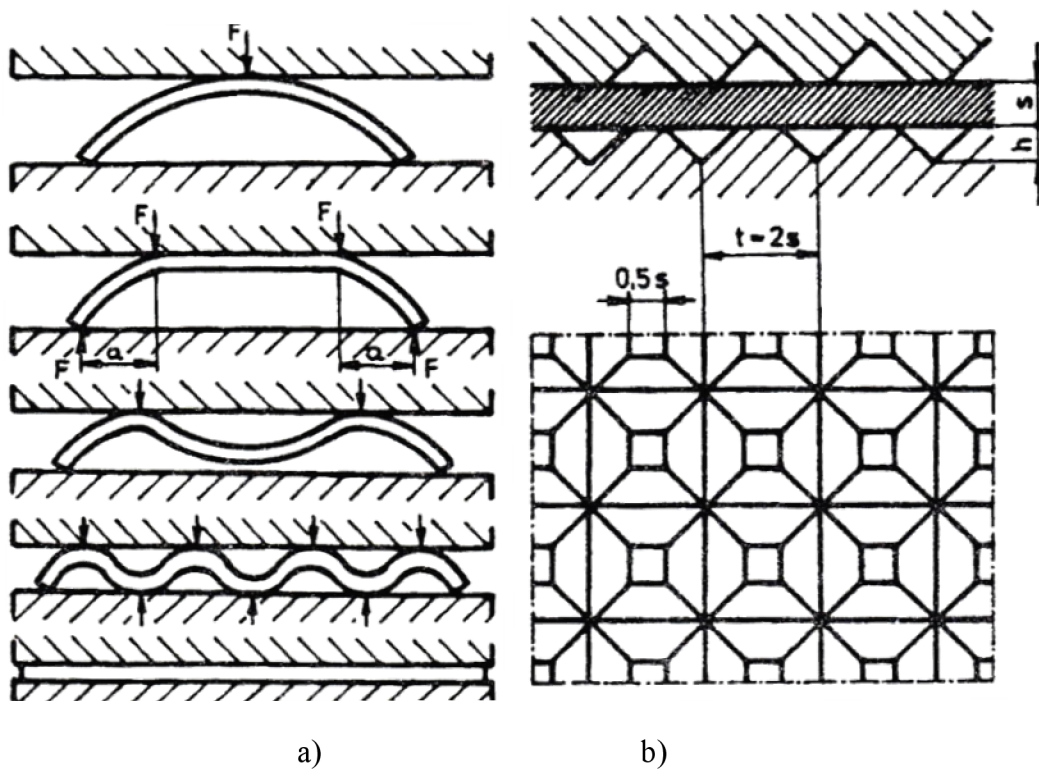
beran lisu dosedá měkčeji a taky vzrůstající síly jsou rozloženy na delší dráhu. Vyrovnávající síla se určuje ze vztahu (2.5). Měrný tlak p je v rozsahu 50 – 300MPa v závislosti na tloušťce a druhu materiálu součásti.

Vztah pro vyrovnávací sílu – F

$$F = S \cdot p \quad [N] \quad (2.5)$$

kde: S – plocha rovnaného polotovaru (součásti) [mm²]
 p – měrný (specifický) tlak [MPa]

- Tlakem mezi rovinnými mnohabodovými rovnacími plochami. Jak je vidět na obr. 3b. Toto rovnání způsobuje pravidelně rozložená plastická propnutí v obou směrech. Stopy po tomto druhu rovnání jsou patrné na povrchu materiálu. Tento druh rovnání je spíše pro měkké oceli s tlaky $p = 250 - 400$ MPa, měkký hliník s tlaky $p = 20 - 50$ MPa, pro plechy s tlaky $p = 100 - 150$ MPa. Toto rovnání je závislé na vlastnostech materiálu. Také je velmi důležité u této metody přesné nastavení dolní úvratě lisu.



Obr. 3a) Zobrazení rovinných hladkých čelistí [1]

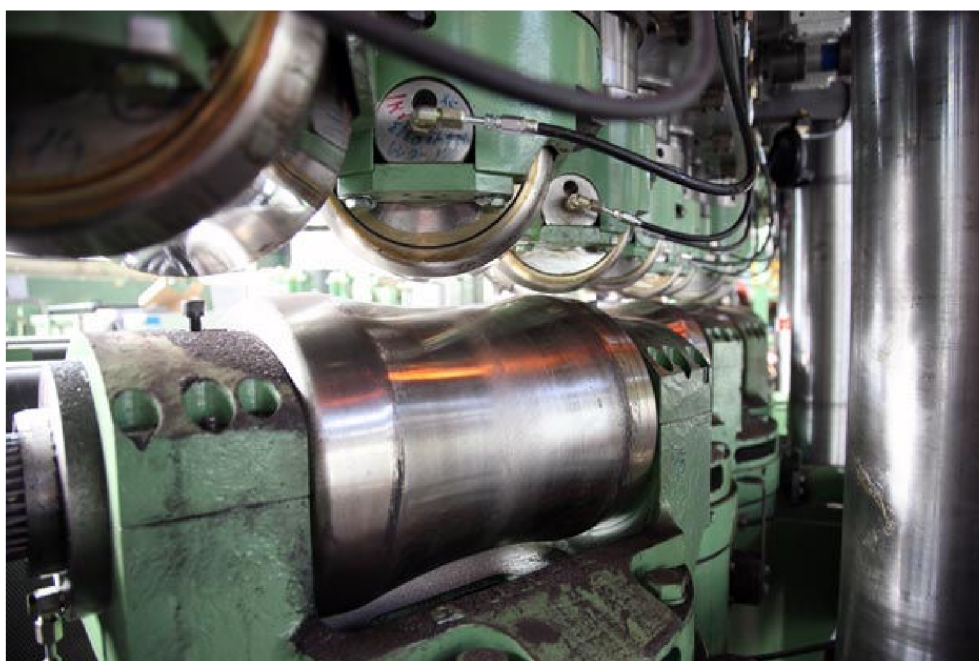
3b) Zobrazení rovinnými mnohabodovými rovnacími plochami [1]

2.1.2 Princip rovnání tyčí [1],[2],[16],[17],[18]

Rovnění tyčí se provádí ručně nebo strojně. Ručně se rovnají za pomoci kladiva, strojně pomocí kosoúhlých rovnaček na tyče. Tyto rovnačky jsou určeny na jednotlivé, určité délky dělené tyče. Tyče se dají rovnat mezi dvěma válci, kde rotují, ale válců může být víc. Mezi válci jsou drženy pravítky. Oba válce jsou poháněny samostatně. Pokud je rovnačka s více válci, tak jsou válce umístěny nad sebou. Díky takto uspořádaným válcům lze rovnat i trubky. Toto umístění zajišťuje rovnání bez poškození povrchu trubek (tyčí). Pro kvalitnější vyrovnání je dobré, aby rovnačka mohla měnit rozteč spodních pracovních válců. Jednu z rovnaček můžeme vidět na obr. 4 a detail jejich válců na obr. 5.



Obr. 4 Rovnačka na rovnání tyčí a trubek [7]



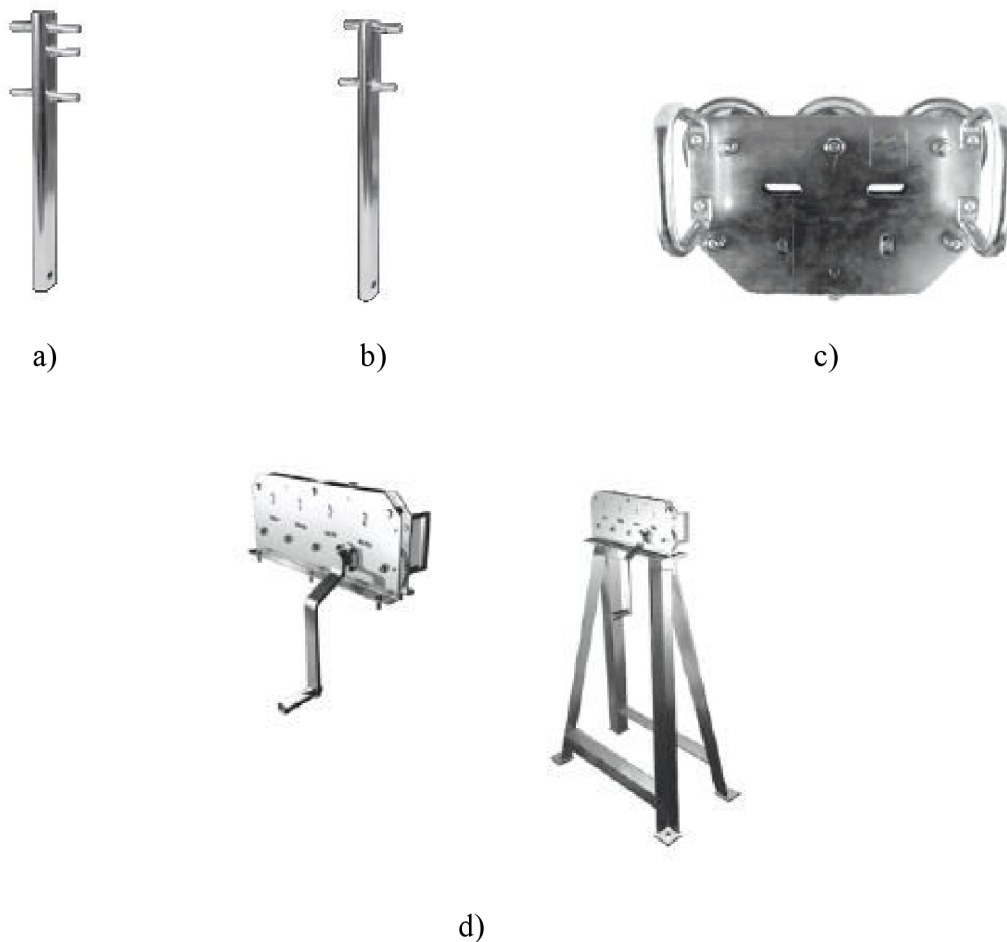
Obr. 5 Detail rovnacích válců rovnačky na rovnání trubek a tyčí [7]

2.2 ROVNAČKY

Pro metodu rovnání slouží stroje zvané rovnačky. Tyto rovnačky rozlišujeme na ruční a strojní. Ruční rovnání se pro plechy a dráty provádí za pomoci kladiva nebo ručních rovnaček.

2.2.1. Ruční rovnání [1],[2],[16],[17],[18]

Ruční rovnání se provádí za pomoci kladiva nebo za pomoci ručních rovnaček. Princip zůstává stejný jako u strojních rovnaček. To znamená, že například u ručního protahování drátu protahujeme kladkami, zatímco u strojních rovnaček to jsou válce. Ruční rovnání se provádí spíše u drátů a plechů o malém průměru či tloušťce. Je to z toho důvodu, že kladky nejsou poháněny motorem, ale jen ručně nebo přes klikku. To značně omezuje rovnání větších průměrů drátu oproti strojnímu rovnání. Přesto je to však používaná metoda, zejména pro její jednoduchost, pro skladnost i příznivou cenu. Na obrázku 6 můžeme vidět některé z druhů ručních rovnaček.



- a) ruční rovnačka se třemi kolíky na vodiče a dráty
- b) ruční rovnačka se dvěma kolíky na vodiče a dráty
- c) ruční rovnačka s kladkou na dráty
- d) kladková rovnačka drátů s klikou a stojanem

Obr. 6 Některé druhy ručních rovnaček pro rovnání drátů a vodičů [6]

2.2.2 Strojní rovnání [1],[2],[16],[17],[18]

Rovnačky plechů, pásů či profilů jsou zařazovány do komplexů výkonných válcoven plechů a profilů. Lze je však použít samostatně k dodatečným úpravám polotovarů ve strojírenských závodech či servisních centrech.

Pro názornost je níže uveden příklad základních vlastností rovnacích strojů a zařízení firmy ŽĐAS a.s. [11]

- spolehlivý provoz
- možnost plně automatického provozu
- jednoduché seřízení na jiný sortiment
- jeden pár pracovních válců pro celý sortiment výroby
- nízké nároky na údržbu
- úsporný okujový systém
- hlavní strojní uzly mají centrální mazání
- pracovní válce mohou být několikrát renovovány

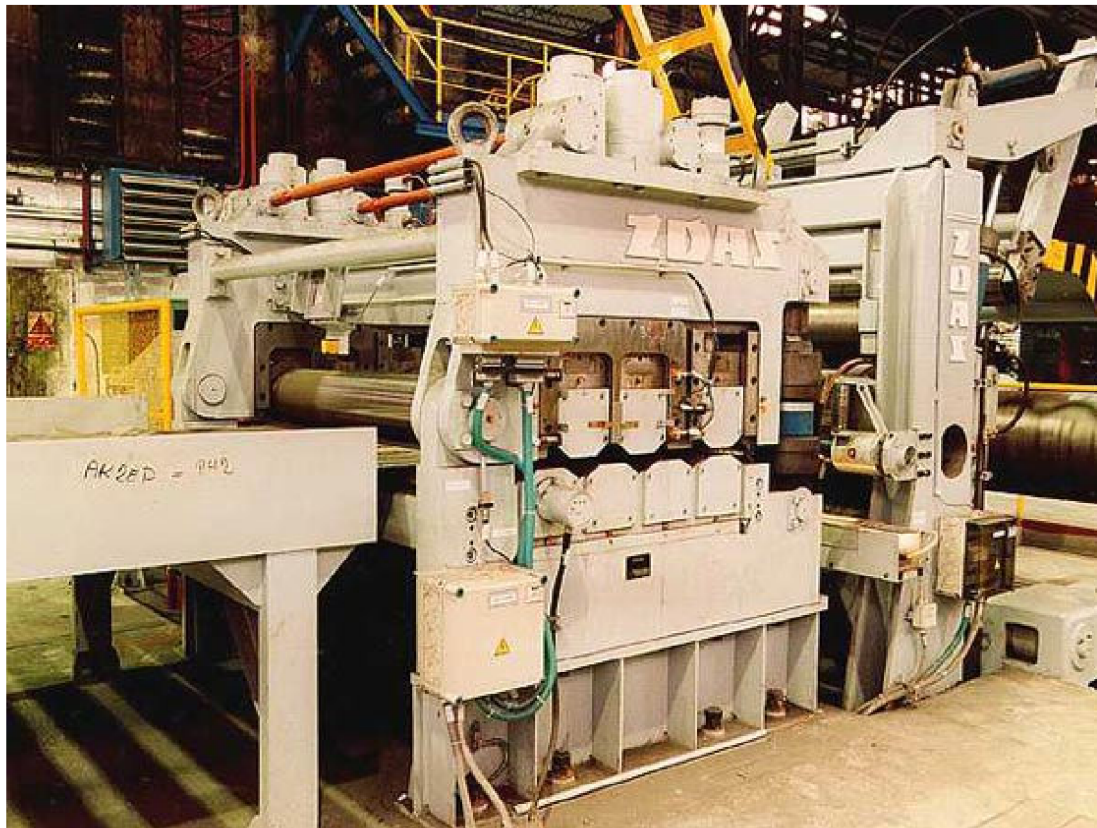
Rovnačky na plech [1],[2],[16],[17],[18]

Rovnačky na plech slouží ke konečnému rovnání plechů z různých materiálů, buď za studena nebo za tepla. Používají se v úpravářenských linkách nebo samostatně k rovnání jednotlivých tabulí plechů. Jak již bylo zmíněno v úvodu práce, principem těchto rovnaček je střídavé ohýbání sestavou 7 až 17 naháněných válců, které mají v případě tenkých plechů průměr $\approx 60\text{mm}$. Všechny válce jsou poháněny. U vstupu jsou válce tak přiblíženy, aby se materiál střídavě ohýbal oběma směry. Zakřivení prvními válci je největší. Výstupní válce mají vzdálenost takovou, že se dosahuje již jen „pružných ohybových napětí“. Nerovnosti jsou tak eliminovány.

Kvalita rovnání je dána velkou univerzálností rovnaček. Například ve firmě Žďas a.s. mají rovnačky tyto doplňující mechanismy: [9]

- propínání rovnacích válců (umožňuje rovnání zvlněných krajů plechů)
- příčné naklápění válců (umožňuje rovnání jednostranného zvlnění plechů)
- podélné naklápění válců (snižuje příkon pro rovnání a zlepšuje kvalitu rovnání)
- oboustranné vybavení pomocnými válci (možnost rovnání s reversací)
- rychlouvolňovací zařízení (možnost uvolnění plechů uvízlých v rovnačce)
- chlazení pracovních a pomocných válců (je možné rovnat teplé plechy)

Příklad rovnačky plechů v dělicí lince je uveden na obr. 7



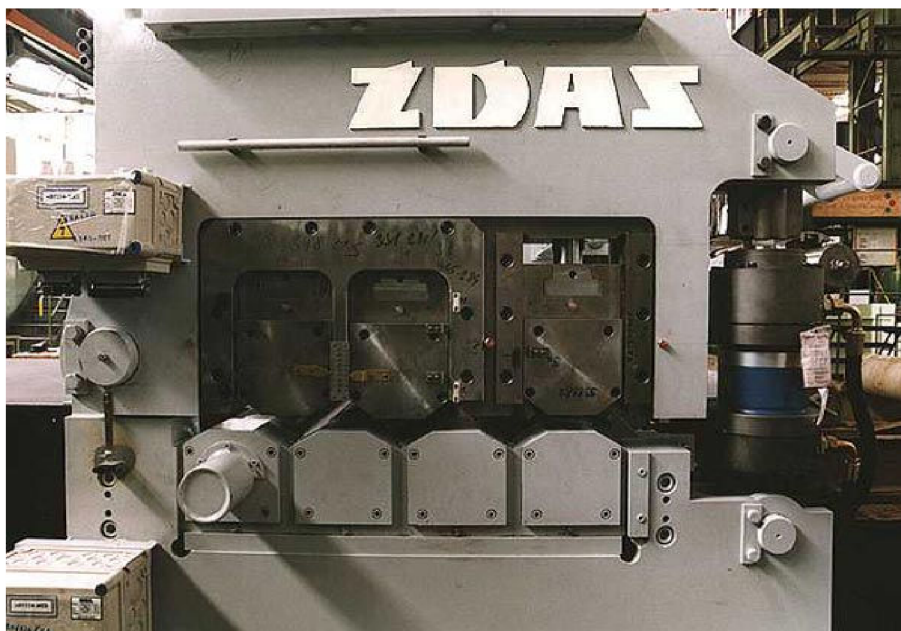
Obr. 7 Rovnačka plechů v dělicí lince [9]

V tabulce 1 jsou uvedeny technické parametry rovnaček plechů od firmy Ždas a.s.

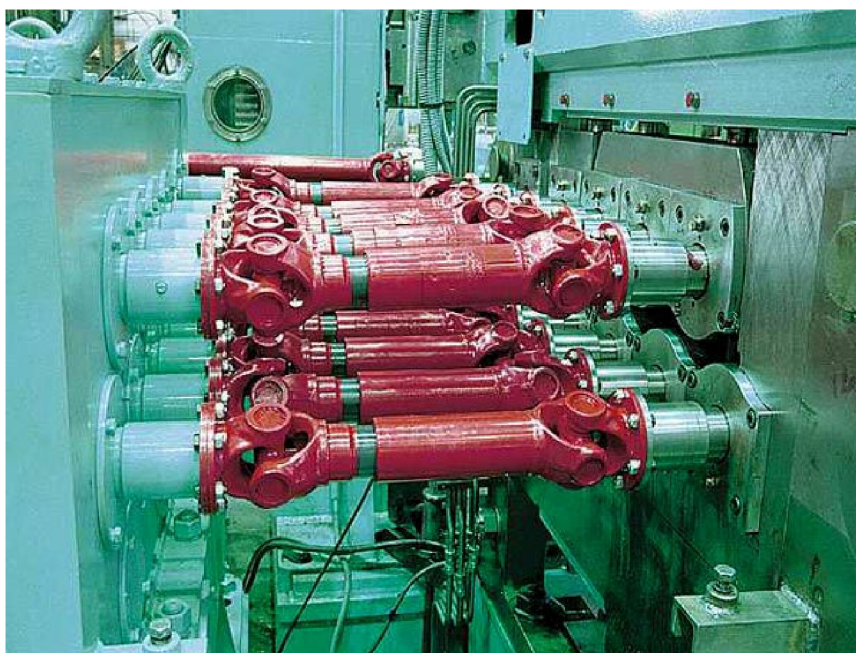
Tab. 1. Technické parametry rovnaček na plech [9]

Technické parametry		Označení rovnačky					
		RS1	RS2	RS3	RS5	RS8	RS15
Šíře plechu	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000
		1600	1250	1250	1250	1600	1600
			1600	1600	1600	2000	2000
		2000	2000	2000	2000	2500	3000
Max. tloušťka při Re = 340 MPa	mm	1,2	3	4,5	5	8	15
Max. tloušťka při Re = 600 MPa	mm	1	2	3,5	3,5	6	11
Max. tloušťka při Re = 340 MPa	mm	0,3	0,7	1	1,2	2	3,5
Max. tloušťka při Re = 600 MPa	mm	0,35	0,8	1,2	1,8	3	5
Počet válců	mm	21	17	17	17	15	15
Max. rovnací rychlost	mm	4	4	4	4	3	3

Technické údaje, které jsou uvedeny v tabulce jsou pouze informativní, konkrétní údaje se domlouvají až se zákazníkem na základě jeho požadavků. Na obr. 8 je uveden detail rovnacích válců a na obr. 9 detail pohonu rovnačky.



Obr. 8 Detail rovnacích válců [9]

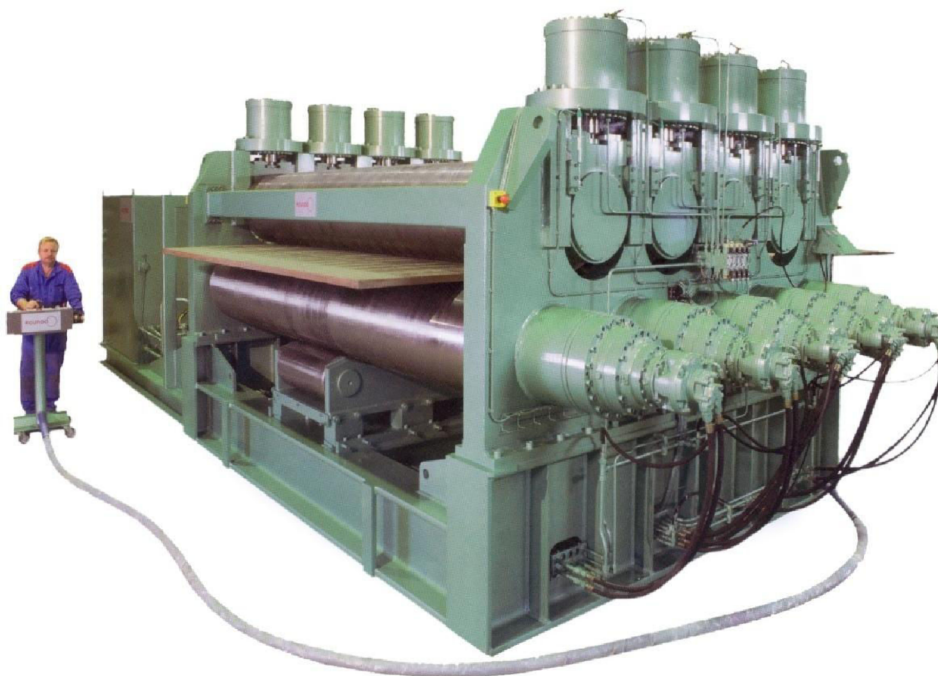


Obr. 9 Detail pohonu rovnačky [9]

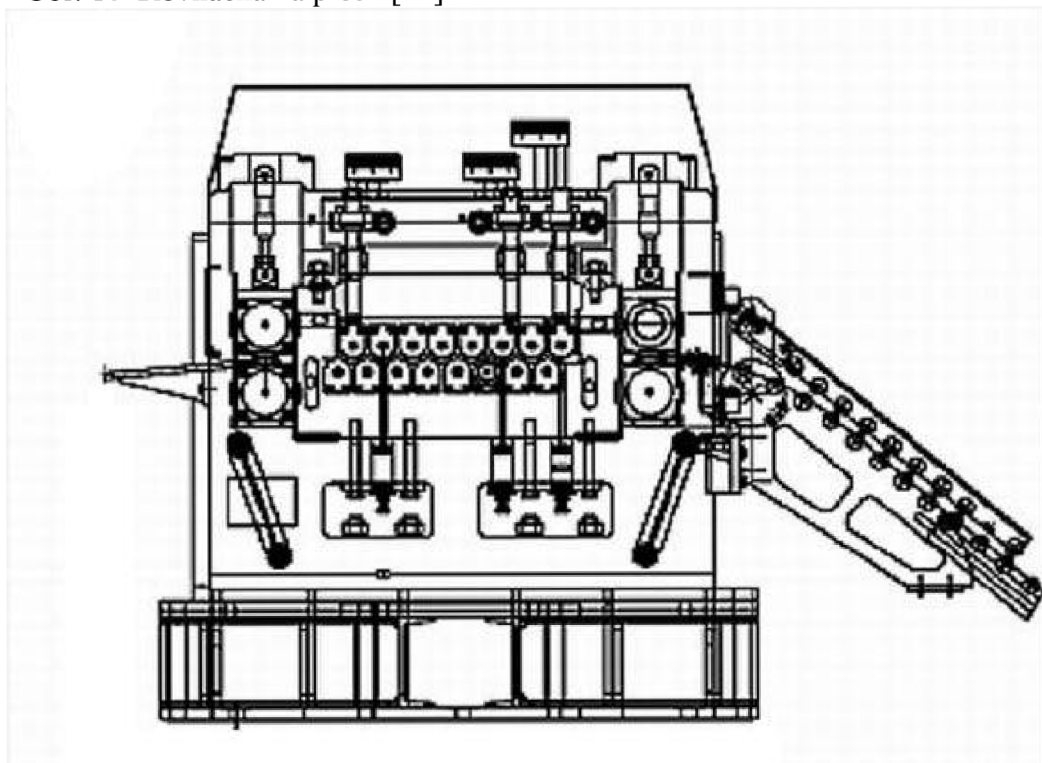
Válečkové rovnačky tlustých plechů [1],[2],[16],[17],[18]

Rovnačky tlustých plechů se vyznačují velkou tuhostí, spolehlivým a hospodárným provozem, snadnou výměnou rovnacích válců a dokonalou seřiditelností umožňující vyrovnání všech deformací plechu. Jsou konstruovány jak pro rovnání za studena, tak i po úpravách pro rovnání za tepla. Pohony strojů jsou provedeny dle požadavků zákazníků buď stejnosměrnými nebo asynchronními motory. Seřízení – nastavení rovnacích válců – je možno

automatizovat prostřednictvím počítače. Značná pozornost je věnována i designu stroje. Na obr. 10 je názorně vidět, jak může vypadat rovnačka tlustých plechů. Schematicky je tento stroj znázorněn na obr. 11.



Obr. 10 Rovnačka na plech [14]

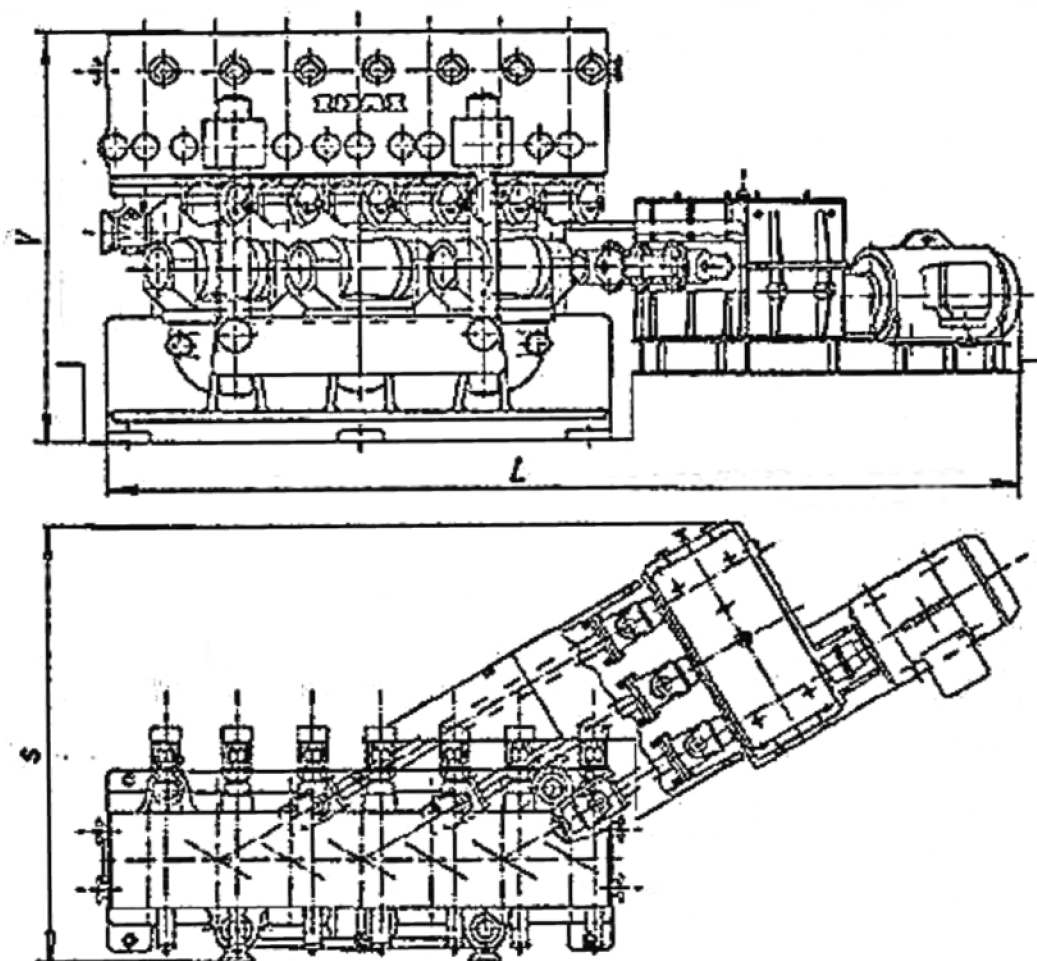


Obr. 11 Schéma rovnačky tlustých plechů [9]

Rovnačky tyčí [1], [2],[16],[17],[18]

Kosóuhlé rovnačky jsou určeny k rovnání jednotlivých tyčí, které jsou děleny na určité délky. Tyče při rovnání rotují mezi dvěma rovnacími válci, kde jsou drženy pravítky. Používají se jako hotovní rovnačky nebo pro rovnání tyčí určených pro loupání a další zpracování.

Výhody: Kvalitní rovnání tyčí ve všech rovinách. V porovnání s dalšími kosoúhlými rovnačkami je kvalita rovnání nejvyšší a délka nevyrovnaných konců nejmenší. Na obr. 12 můžeme vidět schéma kosoúhlé rovnačky (V – výška rovnačky, L – délka rovnačky, S – šířka rovnačky).



Obr. 12 Schéma kosoúhlé rovnačky na rovnání tyčí [8]

Rovnačky profilů [1],[2],[16],[17],[18]

Rovnačí stroje slouží v jednotlivých provedeních pro rovnání a úpravu veškerého válcovaného materiálu, a to jak přímo ve válcovnách, tak také ve vlastních úpravářských či strojírenských provozech. Nejen rovnačky tlustých plechů, ale i rovnačky profilů se vyznačují vysokou tuhostí a snadnou seřiditelností, které zaručují vysokou kvalitu rovnání. Pohony rovnačích hřídelů jsou provedeny stejnosměrnými nebo asynchronními elektromotory. Všechny hřídele lze axiálně přestavovat, a to každý samostatně. Podle provedení jsou rovnačí hřídele přestavovány v horizontálním nebo vertikálním směru. Dle umístění a požadavku zákazníka se rovnačí stroje doplňují výškovým stavěním celého rovnačího stroje, pojezdem rovnačího stroje nebo zařízením pro rychlou výměnu rovnačích kalibrů. Stroje s vysokou rychlostí rovnání jsou vybaveny zařízením pro odsávání prachu a jemných okují. Rovnačí stroje lze umístit do výběhových úseků profilových tratí nebo samostatně, jako součást úpravářských linek. Níže na obrázcích můžeme vidět rovnačky profilů (obr. 13, obr. 16), detail rovnačky profilů (obr. 15), rovnačí linku na profily (obr. 14) a schéma profilové rovnačky (obr. 17).



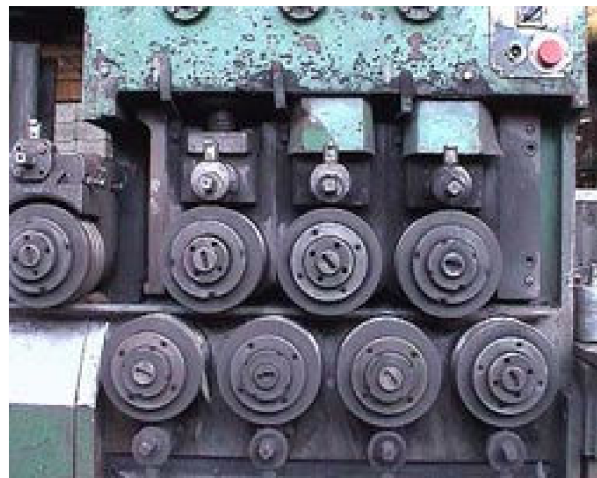
Obr. 13 Rovnačka profilů [10]



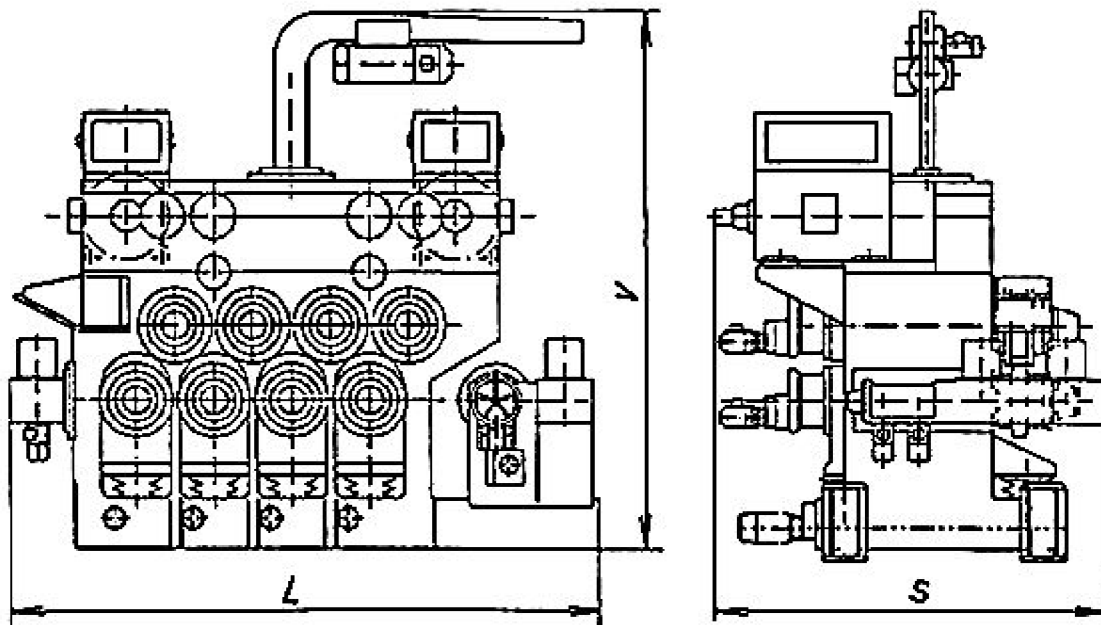
Obr. 14 Rovnáací linka na profily [10]



Obr. 15 Detail rovnačky profilů [10]



Obr. 16 Rovnačka profilů [10]

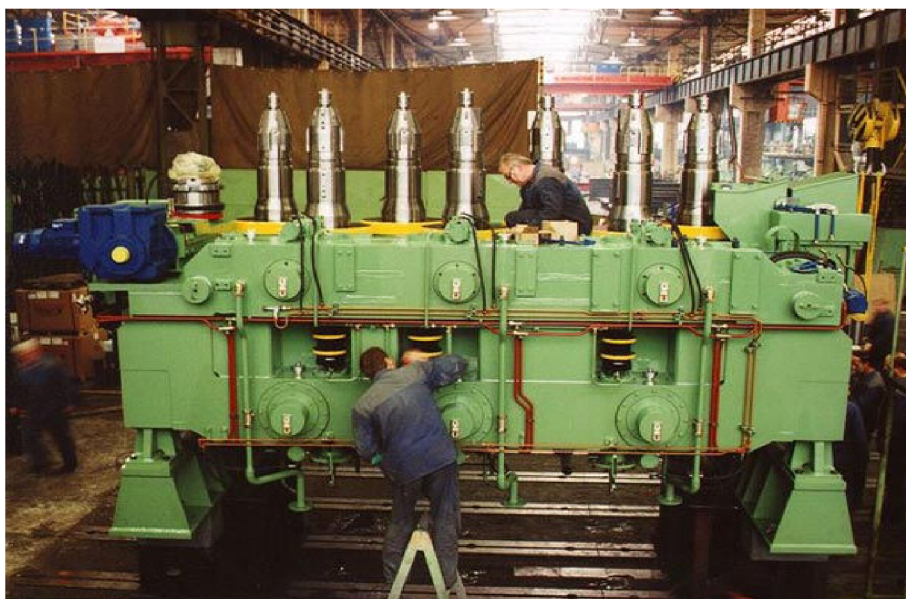


Obr. 17 Schéma profilové rovnačky [10]

Kde: L – délka rovnačky; V – výška rovnačky; S – šířka rovnačky

Řízení rovnačky profilů [1],[2],[16],[17],[18]

Obecně řečeno, rovnačka slouží k vyrovnávání vyválcovaných hutních profilů, jejichž celková délka nepřesahuje 12 m. Původní způsob řízení, který byl postaven na releové logice byl nahrazen moderním řídicím systémem. V automatickém režimu tento systém zabezpečuje přísun materiálu k rovnačce, průchod materiálu rovnačkou, odsun materiálu ve svazcích podle navoleného počtu kusů a uložení vyrovnaného materiálu na místo odvozu jeřábem. Nedílnou součástí řídicího systému jsou blokové funkce znemožňující chod některých pohonů s ohledem na stav souvisejících zařízení a bezpečnost práce. Na Obr. 18 je vidět profilová rovnačka na montáži.



Obr. 18 Profilová rovnačka na montáži [11]

2.3 ROVNÁNÍ PLAMENEM [12]

Svařování a jiné výrobní postupy, při nichž se přivádí teplo, zanechají v kovu při následujícím chlazení pnutí, které působí deformace nebo zborcení. Vyrovnávání plamenem představuje účinný a po dlouhou dobu osvědčený způsob opravy deformovaných dílů. Rovnání plamenem je podstatně levnější než výroba nových dílů. Kromě toho je rovnání plamenem často jedinou možností. Při stavbě lodí je více než polovina času potřebného k výrobě výsledné konstrukce věnována odstraňování deformací.

Rovnání plamenem je založeno na známém fyzikálním principu, že kovy se při ohřívání roztahují a při ochlazování smršťují. Je-li roztahování kovu omezeno, dochází ke stlačovacímu pnutí, a pokud je teplota dostatečně vysoká, jsou výsledkem tohoto procesu plastické deformace. Po ochlazení pak plastické deformace zůstanou.

V praxi se kyslíko-palivový plamen používá k rychlému ohřátí řádně definované části obrobku. Při chladnutí se kov smršťuje více, než by se měl při ohřívání roztahovat a tímto způsobem mohou být vyrovnány všechny výsledné deformace. Vhodnými materiály jsou zde ocel, nikl, měď, mosaz, hliník a titan. I když lze používat různé topné plyny, nejvyšších teplot a intenzity plamene pro rychlé ohřívání se dosahuje při použití acetylenu a kyslíku. Volba vhodného zařízení závisí na druhu kovu a na jeho tloušťce. V principu lze tenký plech a desky do tloušťky až 15 mm vyrovnávat standardním hořákem, který je ve většině dílen k dispozici.

Pro vyrovnávání velkých desek, jako jsou palubní desky a desky palubních domků na lodích, je k dispozici seřiditelné upevňovací zařízení se třemi nebo více tryskami pro jednotlivý plamen a tyto jsou montovány na vozíku s malými koly pro dosažení snadného pohybu na velkých povrchových plochách.

Práce s hořlavými plyny a kyslíkem může být nebezpečná, proto musí mít obsluha dostatečnou kvalifikaci s obsluhou zařízení a zásady pro její využití i manipulace s nimi.

Na Obr. 18 je zobrazen hořák pro rovnání plamenem a na Obr. 19 rovnání trubky pomocí rovnání plamenem.



Obr. 19 Hořák pro rovnání plamenem [12]



Obr. 20 Rovnání trubky pomocí metody rovnání plamenem [12]

2.4 BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY NA KONSTRUKCI [13]

Bezpečnostní požadavky na konstrukci platí pro projektování, výrobu a modernizaci rovnacích tvářecích strojů: napínacích rovnaček, dvouválečkových rovnaček s hlazením, víceválečkových rovnaček trubek, rovnaček plechů, rovnaček profilů a prostředků automatizace a mechanizace k nim. Používají se současně s ČSN 21 0700. V poměrně stručné normě jsou stanoveny požadavky na základní konstrukční prvky, na ovládací soustavy a ovládače, na ochranná zařízení a na pojistná a blokovací zařízení. Jde jednoznačně o požadavky bezpečnostní (např. v kapitole o ovládacích o třech člancích nejsou uvedeny žádné ergonomické požadavky). Hlučnosti se dotýká čl.1.6, který požaduje, aby žlaby zaváděcích a vyváděcích zařízení byly obloženy speciálním materiálem (polyuretan, pryž apod.) s cílem snížení hlučnosti.

2.4.1 Požadavky na základní konstrukční prvky [13]

- Rovnačka musí mít:
 - světelnou signalizaci „Sít“ a „Hlavní motor“ ("Čerpadlo");
 - ukazatel směru otáčení setrvačnicku nebo řemenice pohonu rovnačky s vyznačením i na ochranném krytu.
- Konstrukční provedení rovnačky, ochranná zařízení, prostředky ovládnání a manipulace musí zajistit volné pozorování probíhajícího technologického procesu.
- Rovnačky plechu musí mít zařízení, které zajistí správné podávání plechu nebo vypnutí rovnačky při nesprávném zavádění plechu.
- Vyváděcí zařízení dvouválečkových rovnaček s hlazením, víceválečkových rovnaček trubek a rovnaček profilů musí mít doraz,

3. ZÁVĚR

Rovnění spadá do oblasti plošného tváření. Je to velmi používaná metoda v sériové tak i v hromadné výrobě. Rovnění využívají firmy bez ohledu na jejich velikost a to i ve všech odvětvích průmyslu. Rovnačky se dělí na strojní a ruční.

Ruční rovnačky jsou oproti strojním finančně méně náročné, skladné, nepotřebují mít pohon, proto nepotřebují takovou údržbu jako strojní rovnačky. Jejich nevýhodou je však malé velikosti či malé průměry polotovarů pro rovnání. Ruční rovnačky jsou konstruovány tak, aby daný pracovník byl schopen vlastní silou rovnat polotovar narovnat. Jsou i druhy ručních rovnaček, například na dráty, které jsou zkonstruovány i pro větší průměry. V tomto případě je rovnačka zkonstruována tak, že jí pracovník pohání klikou a díky ní je schopen rovnat větší průměry drátů.

Strojní rovnačky oproti ručním zvládnou velké polotovary, ale jejich nevýhoda je velikost a cena.

Současný trend ve vývoji těchto tvářecích strojů jednoznačně definuje a určuje, kde a na co je maximálně kladený důraz konstruktérů a projektantů takovýchto zařízení. Jedná se hlavně o oblast bezpečnosti a ochrany zdraví pracovníků při práci na tvářecích strojích. Tato oblast je u tvářecích strojů, které jsou dnes běžně používány ve výrobních procesech, podceňována, a to nejen ze strany obsluhy strojů, ale hlavně z hlediska nevyhovujícího technického stavu stroje, který může v konečném důsledku zapříčinit vznik pracovního úrazu. V dnešní době se technologie rovnání výrazně nemění. Přesto mnohé firmy, které rovnačky vyrábí, mají v nabídce velké množství rovnaček na prodej, a to nevyjímaje jaký druh rovnačky zákazník chce (např. rovnačky na dráty, plech, tyče, profily, atd.). Rovnačky výrobci také dělí podle pohonu i rozměrů daných rovnaček.

Mezi méně známé druhy rovnání, je rovnání plamenem. Tato metoda je méně známá, ale velmi účinná. Výhradně se využívá na rovnání trubek.

Závěrem je zřejmé, že v současné době je rovnání nezbytnou součástí v průmyslu a můžeme s ní počítat i do budoucna, kde bude jistě také nenahraditelná.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DVOŘÁK, Milan, et al. *Technologie II. 3. doplnění*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství : CERM, s.r.o. Brno, červenec 2004. 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
- [2] DVOŘÁK, Milan; GAJDOŠ, František; NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření : plošné a objemové tváření. 2. finální tisk* s.r.o. Olomoučany : CERM s.r.o. , 2007. 240 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [3] *OBB: Stavební materiály* [online]. Ostrava : 2009-2010 [cit. 2010-04-20]. Plechy a svitky. Dostupné z WWW: <<http://www.obb.cz/produkty/plechy-svitky/>>.
- [4] *Autoslav - MIX s.r.o.* [online]. Říčany u Prahy : 17.03.2010 [cit. 2010-04-20]. Dráty. Dostupné z WWW: <<http://www.autostav-mix.cz/DesktopDefault.aspx?highlightTabId=85&tabid=87&CategoryId=19>>.
- [5] *Klimex : Hutní materiál* [online]. Trnava : 2010 [cit. 2010-04-20]. Tyče tažené za studena. Dostupné z WWW: <<http://www.klimex.sk/sortiment/tyce-tahane-za-studena-kruhove.html>>.
- [6] *Velkoobchod vysocina s.r.o. : Součásti pro hromosvody a uzemění* [online]. Praha : ASDesign, 1993 - 2009, 05.05.2009 [cit. 2010-04-20]. Rovnačky drátů. Dostupné z WWW: <<http://www.vo-vysocina.cz/produkty.php?id=9&subid=4>>.
- [7] *Žďas a.s.* [online]. Žďár nad Sázavou : Trinet a.s., 2009-2010 [cit. 2010-04-29]. Rovnačky tyčí a trubek. Dostupné z WWW: <http://www.zdas.cz/view_gallery.aspx?id=97>.
- [8] *Žďas a.s.* [online]. Žďár nad Sázavou : Trinet a.s., 2009-2010 [cit. 2010-04-20]. Rovnačky tyčí a trubek. Dostupné z WWW: <<http://www.zdas.cz/content.aspx?id=96>>.
- [9] *Žďas a.s.* [online]. Žďár nad Sázavou : Trinet a.s., 2009-2010 [cit. 2010-04-20]. Rovnačky na plech. Dostupné z WWW: <<http://www.zdas.cz/content.aspx?id=95>>.
- [10] *Žďas a.s.* [online]. Žďár nad Sázavou : Trinet a.s., 2009-2010 [cit. 2010-04-20]. Rovnačky profilů. Dostupné z WWW: <<http://www.zdas.cz/content.aspx?id=98>>.
- [11] *Žďas a.s.* [online]. Žďár nad Sázavou : Trinet a.s., 2009-2010 [cit. 2010-04-20]. Rovnačky. Dostupné z WWW: <<http://www.zdas.cz/content.aspx?catid=115>>.

- [12] *The Linde group* [online]. Praha : 2008 [cit. 2010-04-20]. Rovnání plamenem. Dostupné z WWW: <http://www.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/like35lgcz.nsf/docbyalias/ind_mv_auto5>.
- [13] *Normy.biz* [online]. 14.05.1990. 1990, 01.01.1991 [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: <<http://shop.normy.biz/d.php?k=25475>>.
- [14] *RONDO* [online]. Ústí nad Orlicí : 2007 [cit. 2010-04-20]. Rovnačky plechů. Dostupné z WWW: <<http://www.intech.cz/strojirenstvi-katalog-produktu/rovnacky-plechu-roundo/14-rovnacka-prh-a-prv.html>>.
- [15] *Home.zcu.cz* [online]. 2009 [cit. 2011-03-26]. Domovské stránky uživatelů. Dostupné z WWW: <<http://home.zcu.cz/~mkuzel/public2/PNT2.pdf>>.
- [16] DOBROVSKÝ, Miroslav, et al. *Technologie I*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1982. 246 s.
- [17] DVOŘÁK, Milan, et al. *Technologie II*. Brno: CERM, 2001. 238 s. ISBN 80-214-2032-4.
- [18] FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2004. 167 s. ISBN 80-214-2764-7.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
B	Šířka rovnaného plechu	[mm]
D	Průměr válce	[mm]
F	Vyrovnávací síla	[N]
M	Ohybový moment	[Nm]
M_e	Ohybový moment	[Nm]
p_i	Tlakové zatížení pro první válce	[MPa]
P_{k-i}	Tlakové zatížení pro poslední válce	[MPa]
p_m	Měrný tlak	[MPa]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
S	Plocha rovnaného polotovaru	[mm ²]
S	Tloušťka plechu	[mm]
T	Rozteč válců	[mm]