



## **ROLLING OF BEAMS IN A REVERSING TANDEM GROUP IN THE UNIVERSAL STAND**

Antonín Blažek \*

***Summary:** Rolling of parallel-flange beams in universal roll stands through reversing method. Described are the historical development of technology of rolling these profiles; types of parallel-flange beams; and universal roll stands' arrangement in roughing and finishing mill trains. Described is the new designed X-X system with description of performance tests carried out to prove the technology designed. Described is a precision universal roll stand giving the basic technical parameters. Listed in conclusion are expected advantages of the new proposed technology of beam rolling in universal roll stands through reversing method.*

### **1. ÚVOD**

Velmi důležitým konstrukčním prvkem ve stavebnictví, v mostních konstrukcích a ocelových konstrukcích, ve strojírenském a automobilovém průmyslu jsou přírubové nosníky tvaru I, které se válcovaly již v druhé polovině minulého století v rozměrovém rozsahu od 80 do 600 mm výšky stojiny. Všechny počáteční tvary I profilu měly sklon vnitřních přírub až 14% z důvodu možnosti jejich výroby na stávajících válcovacích tratích otevřeného typu s duo-stolicemi.

Souběžně s tím jak se prosazoval nový I-profil s vnitřním sklonem přírub se ukázaly určité nedostatky jako menší vzpěrná tuhost, neefektivní rozložení materiálu vzhledem k namáhání konstrukcí na ohyb. Proto další vývoj směřoval k vývoji nového tvaru I profilu a to s paralelními přírubami, který má ve srovnání s původním tvarem příznivější moment odporu k metrové váze profilu a má menší metrovou hmotnost.

### **2. VÝVOJ TECHNOLOGIE VÁLCOVÁNÍ**

Pro válcování I-profilu s paralelními přírubami bylo nutné vyvinutí nové technologie a strojního zařízení, které by válcování těchto profilů umožnilo. Technologicky vývojový mezistupeň při válcování nosníků s paralelními přírubami byl tzv. diagonální systém kalibrace, avšak byly zde potíže se životností kalibrů, velké axiální síly na nákrůžky a s tím související nutnost mazání kalibrů a nákrůžků. Určitým vylepšením bylo použití vertikálních válečků, které se instalovaly do stávajících duo-stolic. Tento systém výrazně zlepšil proces vlastního válcování. K tváření profilu docházelo mezi čtyřmi válci, byly zde však problémy s naddimenzováním tohoto agregátu s ohledem na stávající prostor duo-stolic. Vyvinutím universálních stolic, kde k tváření vývalků dochází přímým tlakem horizontálních a vertikálních válců, byl v podstatě dovršen vývoj strojního zařízení pro tento typ profilu. V další časové fázi v podstatě docházelo pouze k vylepšování tohoto systému.

---

\* Ing. Antonín Blažek, ŽDAS a.s., Strojírenská 6, 591 71 Žďár nad Sázavou, Česká republika  
E-mail: a\_blazek@zdas.cz

Co se týče vývoje kalibrace pro válcování v univerzálních stolicích, zpočátku byl použit systém válcování s rovnými vertikálními válečky, v dalším byl tento tvar nahrazen šípovým tvarem vertikálních válců v přípravných univerzálních stolicích. Systém X-H (patent SMS) využívá pro válcování nosníku dvou univerzálních stolic, které jsou uspořádané v tandemové skupině. Tvar vertikálních válců u první stolice je šípový se sklonem 6,10 % a druhá hotovní stolice v této skupině má tělo vertikálních válců rovné a boky horizontálních válců, které tváří vnitřní část příruby mají nulový sklon. Při vlastním válcovacím procesu tedy dochází k opakovanému ohýbání a rovnání přírub nosníku. [1].

### 3. TYPY NOSNÍKŮ S PARALELNÍMI PŘÍRUBAMI

Doposud vyvinuté řady nosníku s paralelními přírubami lze rozdělit do následujících skupin: /obr.1/

#### A. skupina

Úzkopřírubové nosníky, kde šířka přírub je menší než výška profilu. Výška přírub obvykle bývá 50% výšky profilu. Je to nejrozšířenější a nejpoužívanější typ nosníků. Typickým představitelem této skupiny jsou profily typu IPE.

#### B. skupina

Širokopřírubové nosníky, u nichž šířka příruby se rovná výšce profilu do určité výšky profilu. Nad tuto výšku (obvykle 600 mm) se šířka přírub již nezvětšuje proporcionálně s výškou profilu a profily dosahují max. šířky přírub 450 mm.

#### C. skupina

Superodlehčené typy nosníků (JUNIOR BEAMS, TRAILER BEAMS), u kterých tl. stojiny dosahuje až 2,5 mm a tl. příruby 4 mm, se válcují do středních velikostí do 300 mm výšky profilů a jejich použití je v automobilovém a železničním průmyslu, kde nahrazují ohýbané profily či svařované konstrukce. [2,3]

#### D. skupina

Širokopřírubové nosníky s konstantním vnějším rozměrem. Tyto nosníky mají označení SUPER HIGHLAND a válcují se v rozsahu výšky profilu od 400 ÷ 900 mm, tloušťky stojiny až 16 mm a tloušťky přírub až 28 mm. Použití těchto profilů v mostních a ocelových konstrukcích. [4]

#### E. skupina

Nesymetrické nosníky s různou šířkou přírub se válcují na těžké profilové trati v TEESIDE (V. Británie) a využívají se při stavbě výškových budov, kde zavedení těchto profilů přineslo 30% úspor hmotnosti oproti původnímu montovanému systému. Tyto profily jsou součástí podlahových systémů SLIMFLOOR a SLIMDEK. [5]

#### F. skupina

Nosníky s paralelními přírubami dle specifických požadavků zákazníků. Jde většinou o kusovou výrobu nebo výrobu v malých seriích.

### 4. USPOŘÁDÁNÍ UNIVERSÁLNÍCH STOLIC V PŘEDHOTOVNÍCH A HOTOVNÍCH POŘADÍCH VRATNÝCH TRATÍ

Uspořádání stolic je znázorněno na obr.2, kde je patrný historický vývoj koncepčního řešení těchto úseků. V první fázi se univerzální stolice objevuje na místě hotovní stolice (případ A) a má rovné vertikální válce. V další fázi se objevují různé kombinace uspořádání pýchovacích a univerzálních stolic (případ B,C,D,E). Společným znakem těchto uspořádání je volný výběh provalku mezi těmito skupinami a jeden hotovní průchod.

Dalším vývojovým stupněm je tzv. X-H systém patentovaný SMS (případ F), kdy k válcování dochází v tzv. tandemové skupině, která se skládá ze dvou univerzálních stolic s vloženou poháněnou pěchovací stolicí a válcování nosníků probíhá vratným způsobem. Počet průvalů v tandemové skupině závisí na velikosti válcovaného profilu. Určitou modifikací tohoto systému je případ G, kdy přípravné válcování se provádí pouze v první stolici univerzální stolici tandemové skupiny, druhá univerzální stolice neválcuje a je v činnosti pouze pro 1 hotovni průval.

## 5. SYSTÉM VÁLCOVÁNÍ X-X

Po posouzení výše uvedených systémů uspořádání univerzálních stolic v předhotovných a hotovných pořadí a v rámci inovačních záměrů rozvoje válcoven byl ve ŽĐAS a.s. navržen nový způsob technologie válcování nosníků s paralelními přírubami.

Princip systému je na obr. 3 a spočívá v jiném tvaru kalibru hotovni stolice tandemové skupiny a zařazení maloúběrové kalibrovací univerzální (MUKS) stolice bezprostředně za tandemovou skupinu. Cílem je zlepšení deformačních podmínek, zvláště při válcování v hotovni stolici tandemové skupiny.

Tvar kalibru tvoří horizontální válce, které mají šikmé boky ( $6^\circ$ ) a vertikální válce ve tvaru šípu s obdobným sklonem válců.

Toto uspořádání umožní zvětšení deformace v hotovni stolici a z důvodu zlepšení třecích poměrů na vnitřní straně přírub profilu i zvýšení životnosti zvláště horizontálních válců univerzální stolice. Zařazení MUKS bezprostředně za tandemovou skupinu umožní přesné dokalibrování tvaru a rozměru nosníku z titulu pevně nastavené stolice, která provádí minimální úběr jak na stojině, tak dorovnání přírub profilu za minimální deformace.

## 6. PROVOZNÍ ZKOUŠKY

Provozní zkoušky pro ověření navrženého systému proběhly ve 2. etapách.

V 1. etapě se mělo provozně ověřit nasazení vertikálních válečků, které měly na výstupu z univerzální stolice srovnat šípový tvar příruby, vytvořený v předchozí univerzální stolici. Rovnací armatura (válečky) byla umístěna na rámu uni-stolice (výstupní straně). Z tohoto důvodu byl upraven tvar kalibru na stávající univerzální hotovni stolici. Při válcování docházelo ke značné nestabilitě (zkosování) provalku a k nemožnosti dosažení správného geometrického tvaru. Zkoušky také prokázaly, že profil je nutno fixovat za stojinu, aby nedocházelo ke kroucení profilu na výstupu z přípravku. Na základě výsledků 1. etapy se navrhl a vyrobil rovnací přípravek, který měl zabezpečit lepší stabilitu při válcování v etapě 2.

Výsledky 2. etapy provozních zkoušek prokázaly výrazné zlepšení stability válcování, provalek se v průběhu válcování nevytáčel a došlo k vyrovnání šípové části přírub profilu. Rozměry provalku odpovídaly standartu DIN 1025.

Další zkušební válcování ukázalo, že příruby lze sice narovnat, příruby byly kolmé na stojinu, ale v místě přechodu kónické části příruby do šikmé části zůstaly po délce provalku dvě viditelné stopy. Při snaze odstranit tyto stopy mírným válcováním vnější části příruby došlo k mírné deformaci (zborcení) stojiny. Nevýhodu navrhované technologie byla také velká citlivost na vzájemné nastavení vertikálních válců předchozí úběrové a vertikálních válečků přípravku.

V průběhu válcování nastaly 2 mezní stavy, buď příruby zůstaly nedorovnané nebo v případě razantnějšího úběru na přírubách docházelo ke zborcení stojiny. Výsledky zkoušek prokázaly, že pokud chceme provádět minimální úběr z vnější strany příruby z důvodu jejího vyrovnání a zahlazení stopy po přechodu šikmé a rovné části příruby, musí být příruba z vnitřní strany podepřena boky horizontálních válců.

Po vyhodnocení výsledku zkoušek bylo rozhodnuto přikročit k vývoji maloúběrové stolice, která by výše uvedené funkce zabezpečila.

## 7. MALOÚBĚROVÁ UNIVERSÁLNÍ KALIBROVACÍ STOLICE

Maloúběrová univerzální kalibrovací stolice MUKS sestává ze dvou poháněných horizontálních válců a dvou nepoháněných vertikálních válců. Tato stolice je ve funkci jen při posledním (hotovním) průchodu válcování I-profilu. V předchozích průchodech, kdy se válcuje v tandemové skupině systémem X-X, zůstávají válce MUKS rozevřeny, aby umožnily volný průchod provalku a při hotovním průchodu se sevrou na pevně nastavitelné dorazy.

Vertikální válce rovnají skloněné (šípové) části přírub a současně provádějí minimální úběr na vnější straně, horizontální válce provádějí těž minimální úběr na stojině zajišťující stabilitu válcování, kalibrují vnitřní části příruby a zajistí vytažení provalku z hotovní stolice tandemové skupiny.

Hmotnost MUKS je pro válcování středních rozměrů sortimentu 4,5 x menší než plnoúběrové univerzální stolice pro shodný sortiment.

*Technické parametry maloúběrové univerzální kalibrovací stolice:*

Průměr horizontálních válců	max.	700 mm
	min.	625 mm
Šířka horizontálních válců		220 mm
Rozteč mezi horizontálními válci	max.	740 mm
	min.	625 mm
Průměr vertikálních válců	max.	400 mm
	min.	360 mm
Výška vertikálních válců		160 mm
Rozteč mezi vertikálními válci	max.	700 mm
	min.	400 mm
Válcovací síla horizontálních válců	Ph max.	1000 kN
Axiální síla horizontálního válce	Pax max.	100 kN
Válcovací síla vertikálního válce	Pv max.	500 kN
Deformační kroutící moment na horizontální válce		20 kN
Zdvih hydraulického válce	vertikálních kazet	30 mm
	horního uložení	30 mm
Zdvih tlakového šroubu	vertikálních kazet	80 mm
	horního uložení	80 mm
Válcovaný sortiment	I 80-240	DIN 1025/1
	IPE80-240	DIN 1025/5
	IPB100-140	DIN 1025/2
	IPB1100-140	DIN 1025/3
Válcovací rychlost	max.	5 m/sec

Stolice je znázorněna na obr. 4.

## 8. VÝHODY NAVRŽENÉHO SYSTÉMU

Při aplikaci tohoto systému se předpokládají tyto přínosy:

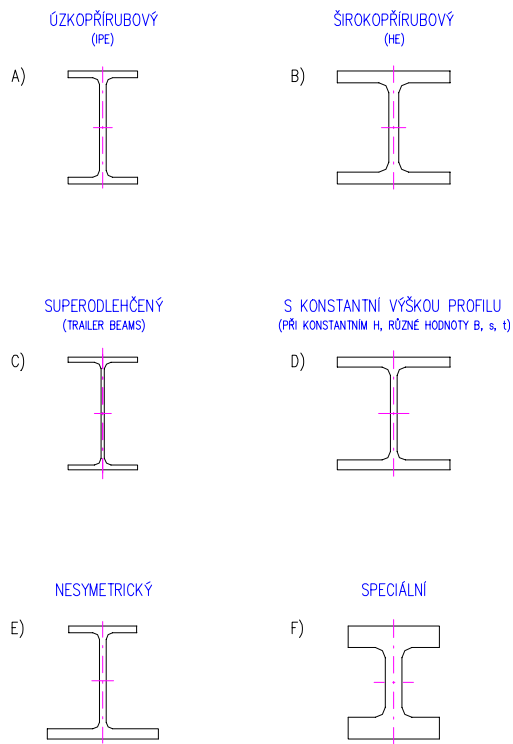
- zvýšení životnosti válců univerzální stolice tandemové skupiny
- zvýšení využití válců (možnost využití i v druhé tandemové stolici)
- výhodnější průběh deformace (stojina je udržována v předepnutém stavu – není nebezpečí zvlnění stojiny)
- zvýšení přesnosti válcování a kvality válcované produkce (pevné nastavení MUKS pouze s jedním průvalem)
- možnost zvýšení deformace v tandemové skupině a v důsledku toho i ke zvýšení kapacity válcování
- možnosti aplikace tohoto systému i ve stávajících válcovnách, kde pracují vratné univerzální stolice

## 9. ZÁVĚR

Pro ověření nového systému válcování nosníků v univerzálních stolicích vratným způsobem byla provedena řada provozních zkoušek na válcovací trati v ČR s tím, že byl upřesněn a ověřen nový systém válcování nosníků vratným způsobem v univerzálních stolicích. Tento nový systém lze aplikovat při výstavbách nových tratí středního výkonu a lze ho využít i při rekonstrukcích starých tratí s univerzálními stolicemi.

## LITERATURA

- [1] Prospekty fy. SMS 1994,1996
- [2] METAL BULLETIN MONTHLY, č.5/99, s.20
- [3] HPT INTERNATIONAL 1999, č.5, s.74
- [4] IRON AND STEEL ENGINEER 1996, č.10, s.14
- [5] DER KALIBREUR, HEFT 59/1998, s.77
- [6] Úkol TR ŽĐAS, 1999
- [7] Příhlaška vynálezu PV 2558-97

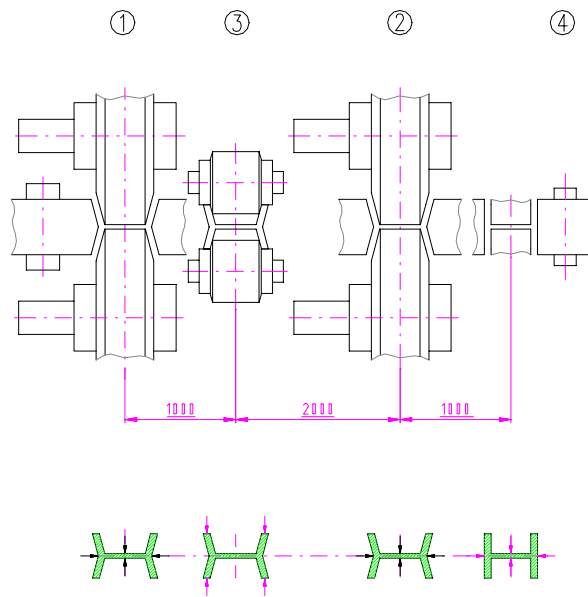


OBR. 1 TYPY NOSNÍKŮ S PARALELNÍMI PŘÍRUBAMI

A)			
B)			
C)			
D)			
E)			
F)			
G)			
H)			

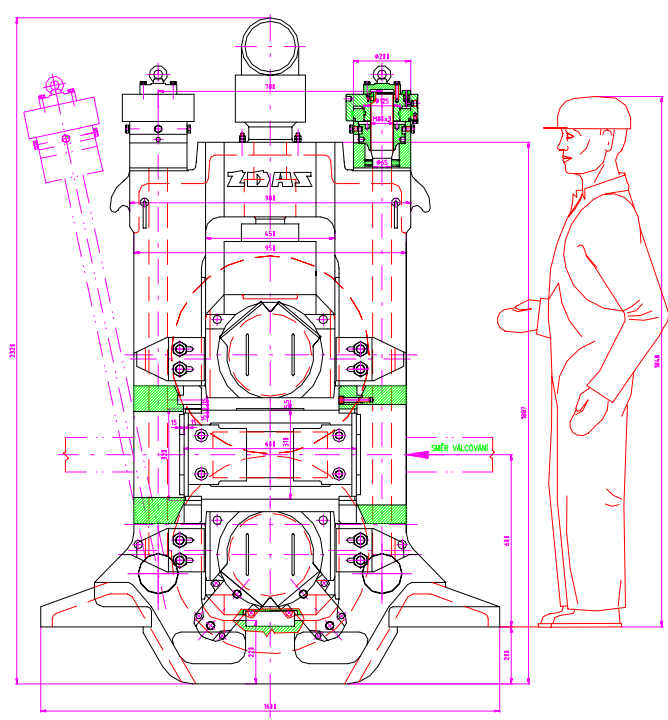
OBR. 2 USPOŘADÁNÍ UNIVERZÁLNÍCH STOLIC V PŘEDHOTOVNÍCH A HOTOVNÍCH POŘADÍCH VRATNÝCH TRATÍ

ŮBĚROVÁ UNIVERZÁLNÍ STOLICE  
 STOLICE MUKS  
 POHÁNĚNÁ PĚCHOVACÍ STOLICE  
 NEPOHÁNĚNÁ PĚCHOVACÍ STOLICE



- ① ② ÚBĚROVÁ UNIVERSÁLNÍ STOLICE
- ③ NEPOHÁNĚNÁ PĚCHOVACÍ STOLICE
- ④ MALOÚBĚROVÁ UNIVERSÁLNÍ KALIBROVACÍ STOLICE

OBR. 3 SYSTÉM VÁLCOVÁNÍ X-X



OBR. 4 MALOÚBĚROVÁ UNIVERSÁLNÍ KALIBROVACÍ STOLICE (MUKS)