


Návrh přípravku na ohýbání plechových kazet

Ivo Škrobák

Bakalářská práce
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Ivo Škrobák
Osobní číslo: T19251
Studijní program: B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor: Technologická zařízení
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Návrh přípravku na ohýbání plechových kazet

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši k danému tématu.
2. Analyzujte současný stav technologického postupu.
3. Navrhněte vhodnou koncepci univerzálního přípravku.
4. Vypracujte výrobní dokumentaci.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: 2013, 169 s. ISBN 9788021447479.

ALTAN, Taylan a A. Erman TEKKAYA. Sheet metal forming: process and applications. Materials Park, Ohio: ASM International, 2012, 1 online zdroj (xiii, 365 p.). ISBN 9781615039883.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Brno: VUTIUM, 2010, xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Adam Škrobák, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **3. ledna 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 24. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta: Ivo Škrobák

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá vylepšením výrobního procesu fasádních kazet pomocí ohýbacího přípravku. Teoretická část bude obsahovat základní poznatky o obecné technologii tváření, a poté konkrétněji o technologii ohýbání. Jsou zde vysvětleny systémy provětrávaných fasád, výhody a nevýhody této technologie a rozdíly mezi vybranými druhy kazet.

Praktická část se zabývá analýzou současného stavu technologického procesu výroby kazet od počátku až do finální podoby výrobku. Dále je zde představen návrh univerzálního přípravku na finální ohyby kazet. Konstrukční návrh přípravku bude obsahovat i kompletní výkresovou dokumentaci.

Klíčová slova: ohýbání, přípravek, fasádní kazeta

ABSTRACT

The thesis deals with the improvement of façade cassette manufacturing process making use of a bending jig. The theoretical part describes forming technology in general and then examines bending technology in greater detail. It explains how aired façade systems function, it lists advantages and disadvantages of the technology and states the differences between selected cassette types.

The practical part aims to analyse the current state of the cassette manufacturing process from its beginning to the final product. It also introduces a design of a universal jig for cassette bending in the final stage. The design also includes complete technical documentation.

Keywords: bending, jig, façade cassette

Chci poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Adamu Škrobákovi, Ph.D. za odborné rady a pomoc při vypracovávání práce.

Můj dík patří také firmě H&B delta za trpělivost a ochotu věnovat mi svůj čas.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 9 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 10 |
| 1 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ | 11 |
| 1.1 PLASTICKÁ DEFORMACE KOVŮ..... | 11 |
| 1.2 ZÁKLADNÍ ZÁKONY TVÁRNÉ DEFORMACE..... | 12 |
| 1.3 TVÁŘENÍ KOVŮ..... | 12 |
| 1.3.1 Důležité definice..... | 12 |
| 1.3.2 Zkoušky tvárnosti..... | 13 |
| 1.4 PLOŠNÉ TVÁŘENÍ..... | 14 |
| 1.4.1 Strihání..... | 14 |
| 1.4.2 Ohýbání..... | 15 |
| 1.4.3 Tažení..... | 15 |
| 2 OHÝBÁNÍ | 16 |
| 2.1 PRINCIP OHÝBÁNÍ..... | 16 |
| 2.1.1 Poloměr ohybu..... | 17 |
| 2.1.2 Stanovení délky polotovaru..... | 18 |
| 2.1.3 Stanovení ohýbací síly..... | 19 |
| 2.2 ODPRUŽENÍ..... | 20 |
| 2.3 OHÝBACÍ NÁSTROJE..... | 21 |
| 2.4 TECHNOLOGICKÉ POSTUPY OHÝBÁNÍ..... | 22 |
| 2.4.1 Dělení technologických postupů podle stroje..... | 22 |
| 2.4.2 Dělení technologických postupů podle poloměru zakřivení..... | 24 |
| 2.4.3 Rozdělení podle technologického způsobu výroby..... | 24 |
| 2.5 OHÝBÁNÍ POVRCHOVĚ UPRAVENÝCH PLECHŮ..... | 26 |
| 2.6 HLAVNÍ TECHNOLOGICKÉ ZÁSADY PŘI OHÝBÁNÍ..... | 27 |
| 3 PŘÍPRAVKY | 29 |
| 3.1.1 Montážní přípravky..... | 29 |
| 3.1.2 Kontrolní přípravky..... | 30 |
| 3.1.3 Měřicí přípravky..... | 31 |
| 3.1.4 Operační přípravky..... | 31 |
| 4 FASÁDNÍ KAZETY | 33 |
| 4.1 LEHKÝ OBVODOVÝ PLÁŠŤ (LOP)..... | 33 |
| 4.1.1 Přednosti provětrávaných fasád..... | 34 |
| 4.1.2 Zpracovávané materiály fasádních kazet..... | 35 |
| 4.1.3 Příklady konkrétních plechových fasádních kazet..... | 36 |
| 5 SHRUTÍ LITERÁRNÍ ČÁSTI | 39 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST | 40 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6 | STANOVENÍ CÍLE PRÁCE..... | 41 |
| 7 | SOUČASNÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY KAZETY | 42 |
| 7.1 | DĚLENÍ..... | 43 |
| 7.1.1 | NC dělicí centrum | 44 |
| 7.2 | VYSEKÁVÁNÍ..... | 45 |
| 7.2.1 | Razicí stroj | 46 |
| 7.3 | STŘÍHÁNÍ..... | 47 |
| 7.4 | OHÝBÁNÍ..... | 47 |
| 7.4.1 | CNC ohýbačka plechu..... | 47 |
| 7.4.2 | Ruční ohýbačka | 49 |
| 7.5 | ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU..... | 50 |
| 8 | NÁVRH UNIVERZÁLNÍHO PŘÍPRAVKU..... | 52 |
| 8.1 | KONCEPT UNIVERZÁLNÍHO PŘÍPRAVKU | 52 |
| 8.2 | VÝHODY NAVRŽENÉHO PŘÍPRAVKU | 54 |
| 8.3 | POPIS JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT PŘÍPRAVKU..... | 54 |
| 8.3.1 | Šroub | 54 |
| 8.3.2 | Posuvná ohýbací hrana..... | 55 |
| 8.3.3 | Vodící lišta | 57 |
| 8.3.4 | Vkládací ohýbací hrana..... | 58 |
| 8.3.5 | Držák šroubu | 58 |
| 8.3.6 | Víka | 59 |
| 8.3.7 | Normalizované součásti | 60 |
| | ZÁVĚR | 61 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 62 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK..... | 65 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 67 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 69 |
| | SEZNAM PŘÍLOH..... | 70 |

ÚVOD

Lehké obvodové pláště jsou jedním z moderních řešení opláštění všech typů budov. Skládají se z jednotlivých dílů zvané fasádní kazety, které mohou být z nejrůznějších materiálů od bondů přes laminátové desky až po klasické plechové kazety. Výhody využití Lehkých obvodových plášťů je několik, mezi ty hlavní patří ochrana budovy proti požáru, mrazu, škůdcům, chrání proti větru a dešti a také velice dobře odvádí vlhkost. Všechny tyto vlastnosti velice zvyšují životnost budov.

Bakalářská práce se zaměřuje na optimalizaci výrobního procesu všech rozměrových možností plechových kazet od společnosti H&B delta. Většina výrobních operací probíhá na nejmodernějších CNC strojích, ovšem z technologických důvodů je nutné poslední operaci, kterou je ohýbání, provádět na ruční ohýbačce. Při tomto úkonu se ohýbají bočnice a dochází k zavření kazety. Problémem spočívá v tom, že kazety mohou mít dle přání zákazníků mnoho rozměrových variant šířky i výšky a horní hrana ohybu, okolo které probíhá ohýbání, musí být rozměrově kompatibilní s šířkou kazety.

Možným řešením, jak zefektivnit a zjednodušit výrobu je využití univerzálního přípravku, který bude v této práci představen.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ

Tváření je jedno z nejproduktivnějších, nejehospodárnějších a nejperspektivnějších metod zpracování materiálu vůbec. V dnešní době je možno vidět výrobky zpracované právě touto metodou kdekoliv. Ať už se jedná o průmysl automobilový, letecký, i stavebnický, všude tam se můžeme setkat s některým typem tváření. Jednou z velkých výhod této technologie je hospodárnost. Zatímco obrábění vyprodukuje až 40 % odpadu, u tváření se obecně mluví o 5 až 10 %. Další výhodou je možnost snadné mechanizace a automatizace, a tím také možnost sériové výroby.

Tváření je proces změny tvaru předmětu za působení vnějších sil, při kterém nedochází k porušení celistvosti materiálu. Dochází zde k trvalému přemístění částic hmoty, a to buď:

- působením postupně rostoucích sil (například válcování, lisování),
- působením rázů (například kování, nýtování).

Tyto děje můžou probíhat za tepla i za studena. Další velké rozdělení tváření je plošné (dochází k výrazné změně tvaru a ploch polotovaru) a objemové (zanedbatelná změna tloušťky a ploch polotovaru, díl je přetvořen do prostorového tvaru). [1], [2]

1.1 Plastická deformace kovů

V kovech vzniká plastická deformace důsledkem vzniku poruch krystalové mřížky. Jedná se v podstatě o pohyb jednotlivých částí materiálu vůči sobě. Poruchy mřížky lze rozdělit do následujících kategorií:

- Bodové (substituce, vakance, interstice)
- Čárové (šroubové, hranové)
- Plošné (hranice zrn, vrstevné vady)
- Prostorové (hranice krystalů, vměstky)

Pro teorii plastických deformací jsou nejvýznamnější poruchy čárové neboli dislokace. Ty se projevují pohybem atomů z původních poloh krystalové mřížky. [1], [2], [5]

1.2 Základní zákony tvárné deformace

Tak jako jakékoliv jiné technologie, i tváření se řídí různými zákonitostmi. Zde jsou ty nejdůležitější z nich:

Zákon stálosti objemu

Je to jeden ze základních zákonů, kdy objem polotovaru před tvářením musí být roven objemu výrobku po tvářením. To platí ale pouze pro homogenní materiály.

Zákon nejmenšího odporu

Tento zákon říká, že každý bod v materiálu se bude vždy pohybovat tam, kde je mu kladen nejmenší odpor proti deformaci.

Kromě těchto základních zákonů se dále setkáváme se zákonem stálosti potenciální energie změny tvaru, zákonem odpružení po trvalé změně tvaru, zákonem maximálních smykových napětí, zákonem podobnosti a tření. [3], [16]

1.3 Tváření kovů

Kovy se zpracovávají tvářením již několik tisíc let. Dodnes se tváření řadí k jedné z nejrozšířenějších technologií pro zpracování kovů. Touto technologií lze významně ovlivnit kromě tvaru i mechanické vlastnosti a mikrostrukturu kovů. Kovy vhodné pro tuto technologii musí disponovat vlastnostmi jako tvářitelnost, plastičnost. [3], [16], [18]

1.3.1 Důležité definice

Tvářitelnost – vyjadřuje schopnost materiálu snášet plastické deformace za daných podmínek tváření, dokud nedojde k porušení soudržnosti. Je to základní technologická vlastnost, kterou potřebuje materiál zpracovaný tvářením.

Technologická tvářitelnost – je vyjádření vlivu nějaké konkrétní technologie tváření na pravděpodobnosti, že dojde k vzniku trhliny. Ovlivňuje ji zejména vnější tření a stav napjatosti. U konkrétních příkladů technologií se můžeme setkat s pojmy jako tažitelnost, kovatelnost, válcovatelnost, a podobně.

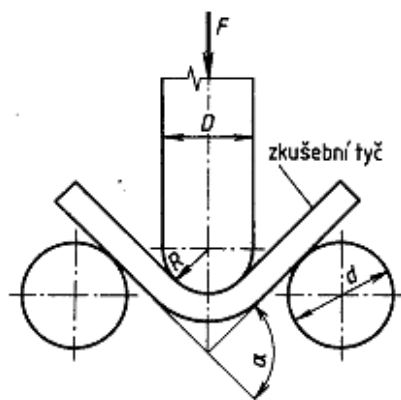
Plastičnost – je to schopnost materiálu se plasticky deformovat v rozsahu deformací od počátečního stavu, do stavu mezního. Počáteční plastičností se myslí přechod z pružného do plastického stavu. Mezní plastičnost pak odpovídá okamžiku vzniku prvních trhlin.

Deformace – neboli změna tvaru tělesa. Silové působení ovlivňuje atomy, ze kterých se skládá každé těleso, a v důsledku toho mění jejich polohu, a těleso svůj tvar. Pokud se po uvolnění síly těleso vrátí do původního stavu, pak se jedná o pružné (elastické) deformace. Pojem plastická deformace lze použít v případě, kdy tělesu v důsledku působících sil zůstane po odstranění těchto sil stejný tvar. [3], [16], [18]

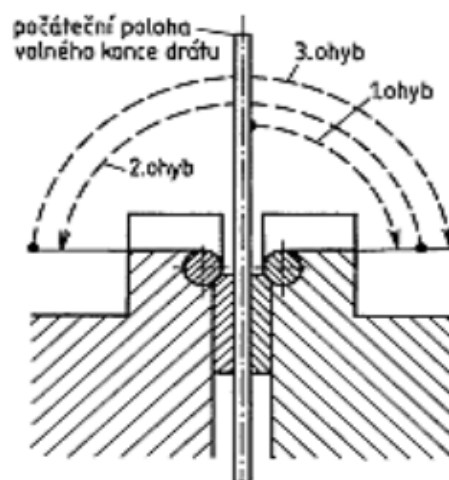
1.3.2 Zkoušky tvářitelnosti

Zkouška lámavosti hodnotí tvárnost podle velikosti úhlu α , aniž by v místě ohybu vznikly trhliny (viz Obrázek 1).

Zkouška drátu střídavým ohýbáním udává odolnost drátu proti střídavému ohýbání. Upnutý drát se ohne nejprve o 90° , potom v každém dalším ohybu o 180° (viz Obrázek 2). Podobné této zkoušce je zkouška plechů a pásů střídavým ohýbáním. Rozdíl je v tom, že za jeden ohyb se považuje ohnutí zkušebního materiálu o 90° a ne o 180° .



Obrázek 1 Zkouška drátu střídavým ohybem [5]



Obrázek 2 Zkouška drátu střídavým ohybem [5]

Zkouška hloubením plechů a pásů podle Erichsena je založena na zatlačení ocelového trnu, který má kulovité zakončení, do zkušebního tělesa. Zkouška probíhá do doby, než vznikne viditelná trhlina. Hodnotí se pak hloubka vzniklé prohlubně.

Zkouška pýchováním zjišťuje schopnost materiálu k plastickým deformacím, ale i vznik podpovrchových a povrchových vad. K pýchování dochází za studena. Hodnotí se vznik trhlin na zkušebním vzorku.

Zkouška kovatelnosti zjišťuje kujnost oceli. Hodnotí se velikost plastických deformací bez vzniku trhlin. [4]

1.4 Plošné tváření

Proces plošného tváření probíhá převážně za studena. Jedná se o druh tváření, kde dochází ke změně tvaru výrobku za minimální změny tloušťky a plochy. K deformacím dochází pouze v lokálních místech, zbytek materiálu zůstává bez deformací.

K plošnému tváření řadíme zejména technologické operace jako stříhání, ohýbání a tažení.

1.4.1 Stříhání

Je speciální metoda tváření, u které dochází k porušení celistvosti materiálu. Podstatou je oddělení výrobku od polotovaru pomocí dvou protilehlých břitů nožů. Přesnost této metody a výsledná kvalita střížné plochy je dána mnoha faktory, z nichž k nejvýznamnějším patří:

- vlastnosti stříhaného materiálu,
- kvalita střížného nástroje,
- způsob stříhání,
- velikost střížné mezery.

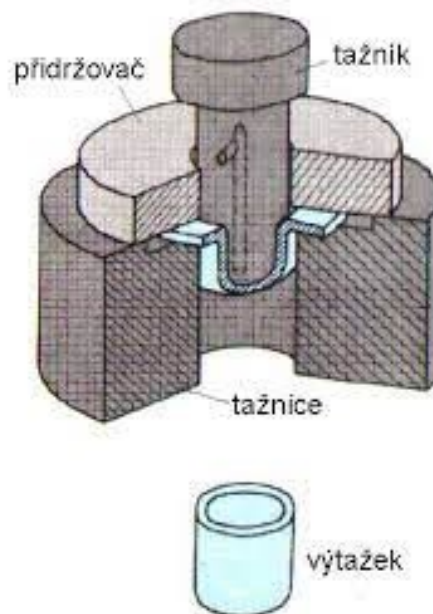
Stříhání můžeme podle různých specifikací dále rozdělit například na: prosté stříhání, děrování, vystřihování, ostřihování, prostřihování, přistřihování, nastřihování, vysekávání, protrhávání. [4], [5], [14]

1.4.2 Ohýbání

Ohýbáním se rozumí trvalé deformování materiálu. Podle působící síly je materiál buď ohýbán, nebo rovnán. Je to operace vhodná především pro tenkostěnné profily, plechy, tyče, trubky. Ohýbání dále lze rozdělit na tyto podskupiny: (ohraňování, prosté ohýbání, rovnání, lemování, zakružování, obrubování, osazování – prosazování, zkrucování, drápkování).

1.4.3 Tažení

Tažením se rozumí proces, kdy se z rovinného plechu stává výtazek různých tvarů (i nesympetrických) – z rovinného tvaru se vyrobí tvar prostorový. Podle složitosti výtazku se dělí tažení na jedno operačním, nebo i více operačním. V zásadě lze samotnou technologii tažení rozdělit na dva základní druhy, a to na tažení bez zeslabení tloušťky stěny a na tažení se změnou tloušťky stěny. Dle různých jiných specifikací jsou ostatní metody tažení například zpětné tažení, žlábkování, protahování, rozšiřování, zužování, přetahování, objemové tažení. Příklad tažení lze vidět na obrázku (Obrázek 3). [4], [5], [16], [18], [19]



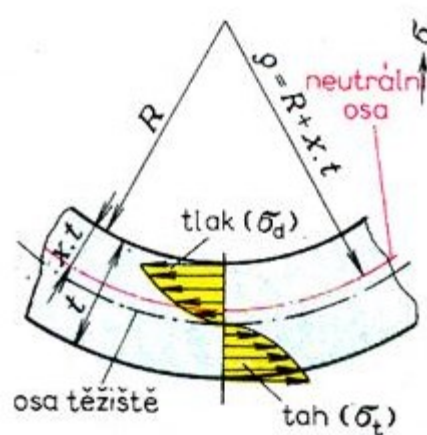
Obrázek 3 Příklad plošného tváření – tažení [7]

2 OHÝBÁNÍ

Ohýbání se řadí mezi nejběžnější způsoby plošného tváření. Tato technologie je hojně využívána zejména ve strojírenském průmyslu, ovšem můžeme se s ní setkat také například ve stavebnictví. Zde je ohýbání velmi důležité například pro výrobu moderních plechových fasád, které jsou vyrobeny z ohýbaných plechů různých tloušťek. [1], [20]

2.1 Princip ohýbání

Ohýbání je výrobní postup, kde se pomocí ohýbacích sil plasticky přetváří obrobek v pevném stavu. Je to ve strojírenství velmi používaná technologie. Výsledný tvar se většinou získává z plechu, drátu nebo tyčí pomocí jednoho nebo více ohybů. Charakterem patří ohýbání do plošného tváření.



Obrázek 4 Rozložení a velikost napětí materiálu při ohýbání [7]

Schopnost ohýbání materiálu závisí především na jeho tvárnosti. Mnoho kovových materiálů a jejich slitin je možno ohýbat i za studena, některé ale i při malých úhlech ohybu musíme před ohybem zahřát. Ohýbání se řadí mezi pružně plastickou deformaci, která má jiný průběh od povrchu materiálu k neutrální ose. Během ohýbání dochází z vnitřní strany ke stlačování vláken materiálu (tlak), z vnější strany se vlákna naopak natahují (tah). Hodnoty napětí se v těchto místech pohybují mezi mezí kluzu a mezí pevnosti. V přechodu mezi pásmem, kde působí tah a kde působí tlak se nachází tzv. neutrální osa (neutrální plocha) – je to místo, kde je nulové napětí a zde materiál není ani natahován, ani stlačován. Neutrální osa bývá v ohýbané součásti zpravidla vždy posunuta směrem k vnitřní straně ohybu, proto je rozdíl mezi neutrální osou a osou těžiště profilu, i když u tenkých profilů není tento rozdíl rozeznatelný. [1], [7], [19], [20]

2.1.1 Poloměr ohybu

Hodnota vzdálenosti x , která charakterizuje polohu neutrální osy, závisí na poměru R/t a je uvedena v tabulce (Tabulka 1).

Tabulka 1 Hodnoty součinitele x

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R/t | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,5 | 2 | 3 | 4 | > 5 |
| x | 0,23 | 0,29 | 0,32 | 0,35 | 0,37 | 0,38 | 0,39 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,47 | 0,50 |

Je-li $R/t > 12$, lze předpokládat polohu neutrální osy uprostřed, pokud je $R/t < 6$ dochází k posunutí neutrální vrstvy. Délka neutrální osy v ohýbaných částech a délky rovných úseků určují rozvinutou délku polotovaru před ohybem.

Minimální poloměr ohybu

Minimální poloměr ohybu je závislý na anizotropii použitého materiálu, na plastičnosti, na způsobu ohýbání, dále na šířce a tloušťce ohýbaného materiálu a kvalitě povrchu. V zásadě je nutné ohýbat materiál napříč směru vláken. Hodnoty minimálních poloměrů pro různé materiály s přihlédnutím k jejich stavu a způsobu ohybu jsou uvedeny v ČSN 22 7440, pro orientaci si nějaké hodnoty vypíšeme:

$$R_{min} = 0,4 \text{ až } 0,8 * t \rightarrow \text{pro měkkou ocel}$$

$$R_{min} = 0,25 * t \rightarrow \text{pro měkkou měď}$$

$$R_{min} = 0,35 * t \rightarrow \text{pro hliník}$$

Čísla v těchto vzorcích představují koeficient k , který je závislý na druhu materiálu a způsobu ohýbání, tento koeficient je možné pro vybrané materiály vyčíst z následující tabulky (Tabulka 2).

Tabulka 2 Hodnoty součinitele ohýbání k

| Materiál | | Stav materiálu | | | |
|----------|---------------------|-------------------------------|-------|--------|-------|
| | | měkký | | tvrdý | |
| Druh | Pevnost R_m (MPa) | Vlákna materiálu jsou ohýbána | | | |
| | | napříč | podél | napříč | podél |
| ocel | 280 až 400 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 2,0 |
| | 370 až 450 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 2,0 |
| | 420 až 500 | 0,8 | 1,5 | 1,5 | 3,0 |
| | 500 až 600 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 4,0 |
| | 550 až 700 | 1,5 | 3,0 | 3,0 | 6,0 |
| měď | 210 | 0,25 | 0,4 | 0,4 | 1,0 |
| mosaz | 350 až 400 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 1,2 |
| hliník | 600 | 0,3 | 0,45 | 1,0 | 1,5 |
| dural | 220 až 400 | 1,0 | 1,5 | 3,0 | 4,0 |

Maximální poloměr ohybu

Pojem maximální poloměr ohybu má svůj význam pro nutnost vzniku trvalé deformace v krajních vrstvách neboli je to poloměr nutný k překročení trvalé deformace, jinak se ohýbaný materiál narovná opěr do původní polohy. [6], [7], [20]

2.1.2 Stanovení délky polotovaru

Při stanovení délky polotovaru se využívá délky neutrální vrstvy (osy, plochy). U rovinných úseků a velkých poloměrů ohybu ($R/t > 12$, kde t je tloušťka materiálu) se předpokládá, že poloha neutrální osy je ve středu tloušťky materiálu. Pokud se zmenšuje poloměr ohybu, pak se neutrální vrstva posouvá směrem ke středu ohybu.

Délka polotovaru se potom rovná součtu všech délek přímých úseků a všech délek oblouků neutrální vrstvy. [7]

$$L_p = l_1 + l_2 + \dots + l_n \text{ (mm)} \quad [1]$$

Kde délky oblouků neutrální vrstvy se pro úhel β vypočítají ze vztahu.

$$l_o = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{360} \cdot \beta \text{ (mm)} \quad [2]$$

$$R = r + x \cdot t \text{ (mm)} \quad [3]$$

$$\beta = 180 - \alpha \quad [4]$$

Kde:

R – poloměr ohybu neutrální osy

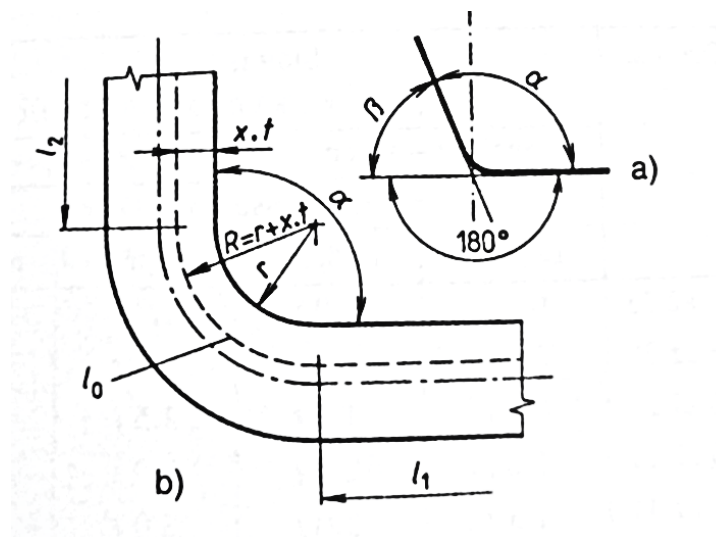
r – vnitřní poloměr ohybu

t – tloušťka materiálu

x – součinitel (k výpočtu délky oblouku neutrální osy)

α – úhel sevření

β – úhel ohybu



Obrázek 5 Výpočet délky polotovaru oblouku [6]

2.1.3 Stanovení ohýbací síly

Při výpočtu ohýbací síly se vychází z faktu, že se materiál při ohybu nachází v oblasti plastických (neboli trvalých) deformací, proto nelze použít obvyklé vztahy z pružnosti pevnosti pro výpočet nosníků. Každý jednotlivý případ podle způsobu ohybu a působení síly vyžaduje úpravu.

Při ohybu do tvaru V, kde ohybová síla působí uprostřed podpor, se velikost ohýbací síly určí ze vztahu.

$$F = \frac{4}{6} * \frac{b * t^2}{l} * R_{mo} (1 + 0,8\varepsilon) \quad (N) \quad [5]$$

Kde:

b – šířka ohýbaného profilu (mm)

l – vzdálenost podpor (mm)

t – tloušťka ohýbaného profilu (mm)

R_{mo} – pevnost v ohybu (MPa)

ε – poměrné prodloužení

Při ohybu dochází k posouvání polotovaru po pracovních plochách a musí překonávat tření. Síla potřebná k překonání tření se vypočítá podle vzorce.

$$F_T = f * F \quad [6]$$

Kde f je součinitel tření a F je velikost ohýbací síly

Celková síla potřebná k ohybu je potom.

$$F_C = F + F_T \quad [7]$$

Při ohybu do tvaru U platí vztah

$$F = R_e * (1 + 7f) * \frac{b * t^2}{r + t} (N) \quad [8]$$

Kde

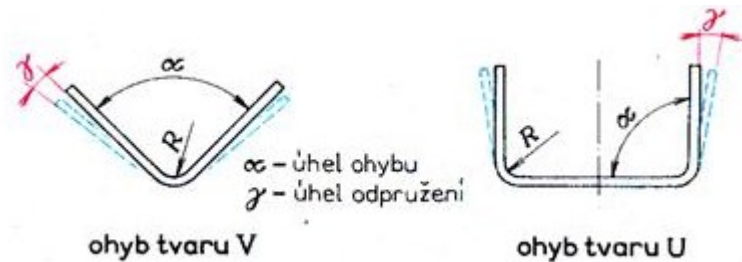
f – součinitel tření

r – vnitřní poloměr ohybu (mm)

R_e – mez kluzu (MPa)

2.2 Odpružení

Pokud přestanou vnější síly působit na tvářené těleso, dochází k částečnému vrácení do původního stavu, těleso odpruží. Zatímco ale u většiny jiných technologií, u ohýbání má odpružení nezanedbatelný vliv. Odpružení se při ohýbání projevuje ve formě úhlové odchylky γ . Význam úhlové odchylky roste s rostoucí délkou ramene ohybu. Ke zpětnému odpružení dochází vlivem pružné deformace materiálu okolo neutrální osy. Hodnota úhlu odpružení je závislá na tvárnosti ohýbaného materiálu, způsobu ohýbání a poloměru ohybu. Orientační rozsah se pohybuje mezi 3° až 15° . [6], [7], [19]



Obrázek 6 Odpružení materiálu pro ohyb tvaru V a U [7]

Hodnotu odpružení je možno kompenzovat několika metodami:

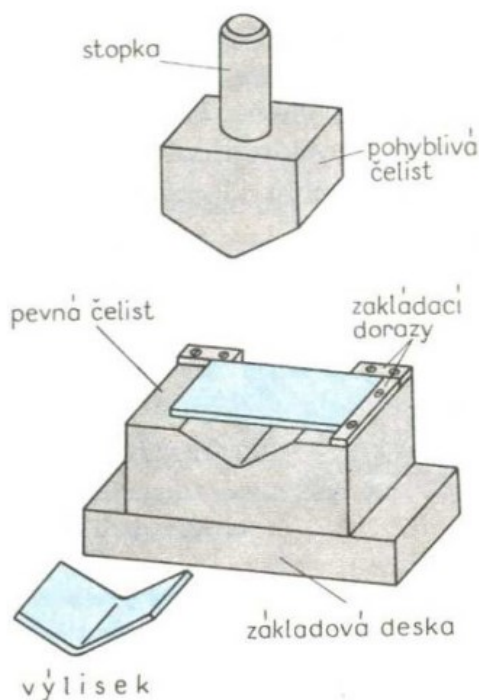
- Materiál se při ohybu ohne více o úhel odpružení γ , jehož hodnota se zjistí pomocí empirických vzorců nebo z tabulek.
- Použitím kalibrace neboli zvětší se lisovací síla na konci lisovacího cyklu, díky tomu dochází k lokální plastické deformaci v místě ohybu a hodnota odpružení se buď sníží nebo vymizí úplně.

Odpružení zásadním způsobem ovlivňují tyto aspekty:

- tloušťka materiálu a poloměr ohybu,
- druh materiálu a jeho mechanické vlastnosti (hlavně pružné vlastnosti),
- velikost úhlu ohybu a jeho tvar.

2.3 Ohýbací nástroje

Nástrojem určeným k ohýbání je ohýbadlo. Ohýbadlo tvoří ohybník (pohyblivá část) a ohybnice (pevná část), dalšími běžnými částmi jsou zakládací dorazy, které slouží ke správnému a snadnému uložení ohýbaného kusu. Dle tvaru ohybu se dělí ohýbadla na ohýbání do tvaru V, U apod. [7]



Obrázek 7 Základní části ohýbadla [7]

2.4 Technologické postupy ohýbání

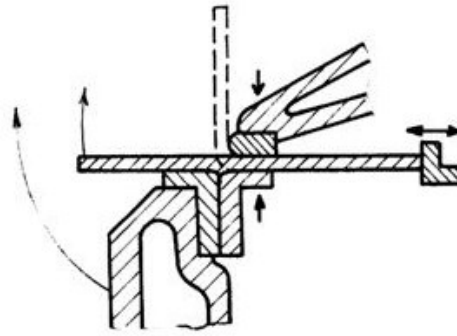
Ohýbání stejně jako jiné technologie se dají rozdělit podle určitých hledisek do několika technologických postupů. Podle stroje, který se využívá, poloměru zakřivení a také podle způsobu technologie.

2.4.1 Dělení technologických postupů podle stroje

- Ohýbání na ručních strojích.

Některé operace ohýbání není možné, ani vhodné dělat na automatických strojích. Pro některé operace se používají stroje, které se ovládají ručně. Například pro ohyby rozměrných plechů nebo pruhů se používá stroj s odklopnou deskou, který je na obrázku (Obrázek 8).

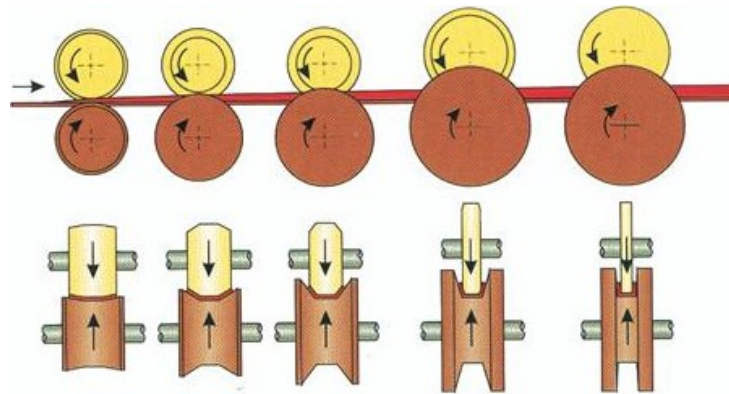
Polotovár, který je určený k ohnutí, se položí na stůl stroje a srovná na zarážku. Následně je sevřen u ohybové hrany. Hranu ohybu tvoří vyměnitelná ocelová lišta. Po nastavení dojde k ohybu odklopením desky po celé své délce najednou. Ke stroji lze dodat řadu pomocných zařízení. [9]



Obrázek 8 Ohýbací stroj s otočnou deskou [5]

- Ohýbání na válcích

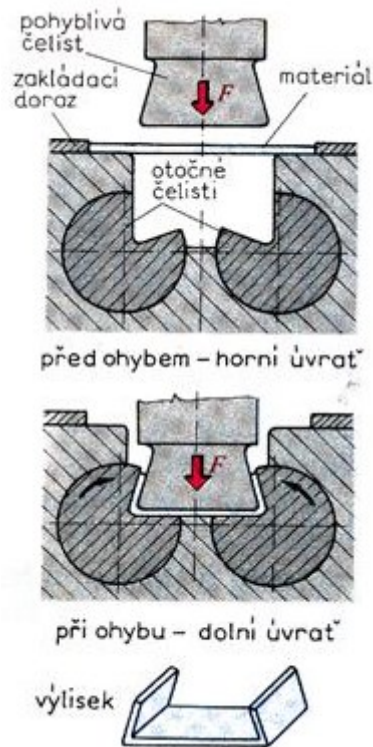
Válce nebo soustava válců jsou samotným nástrojem. Pohyb válců je rotační. Na obrázku (Obrázek 9) lze vidět příklad ohýbání plechu do určitého profilu pomocí soustavy válců.



Obrázek 9 Ohýbání válcováním [7]

- Ohýbání na lisech

Probíhá v ohýbacím nástroji (ohýbadle), které svou pohyblivou částí vykonává přímočarý vratný pohyb. Podle vlastního technologického postupu se toto ohýbání dělá na mechanickém i hydraulickém lisu nebo na speciálních strojích. Na obrázku (Obrázek 10) lze vidět příklad nástroje pro ohyb přes 90°. Otočné čelisti se otáčejí kolem své osy, výrobek se pak vyjme sesunutím z ohybníku. [6]



Obrázek 10 Nástroj pro ohyb přes 90° [7]

2.4.2 Dělení technologických postupů podle poloměru zakřivení

- Ohyby s velkým poloměrem zakřivení za vzniku menších plastických deformací.
- Ohyby s malým poloměrem zakřivení, při kterých vznikají velké plastické deformace.

2.4.3 Rozdělení podle technologického způsobu výroby

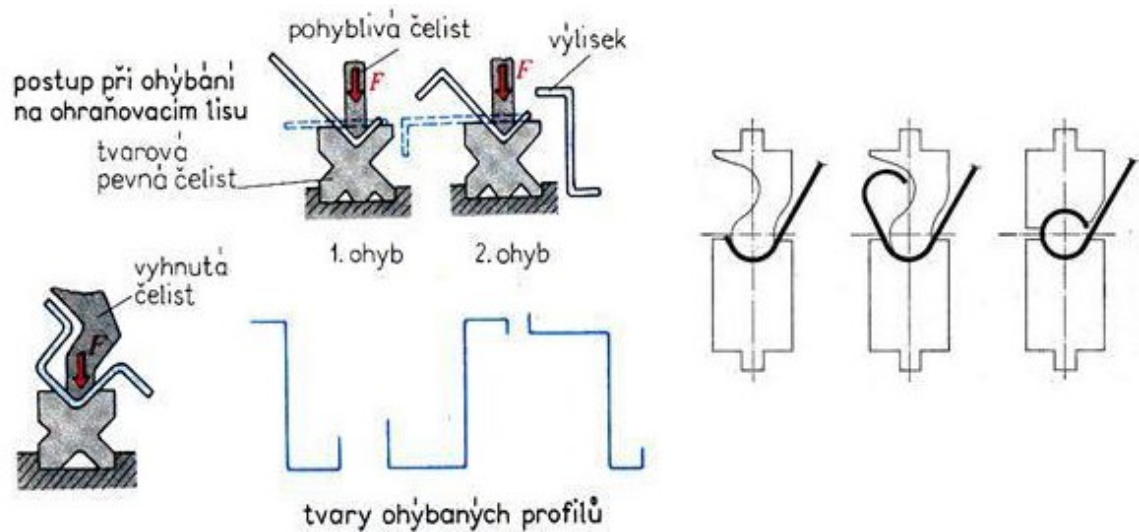
- Běžné ohýbání.

Některé způsoby klasického ohýbání lze vidět ve všech předchozích příkladech a obrázcích (ruční ohýbání, ohýbání válcováním). Dalším příkladem může být ohýbání trubek pomocí dvou kotoučů.

- Ohraňování.

Tato technologie probíhá na lisech. Lze ji použít k výrobě tenkostěnných i tlustších profilů, které mají malý poloměr zaoblení. Podstata ohraňování se neliší od klasického ohýbání na lisu, rozdíl je jen v délce nástroje a lisu. Jako polotovar se využívají plechové pásy. Každá ohraňovací operace se provádí jedním zdvihem lisu

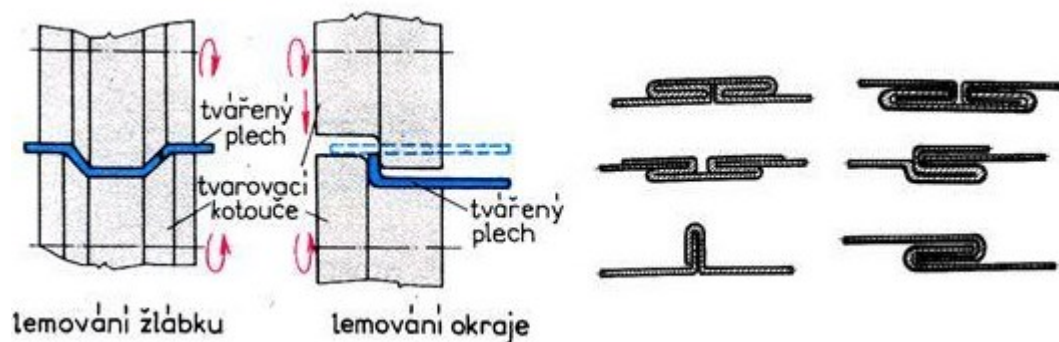
a pro každý profil se upevní zvlášť nástroje. Při ohraňování se ohyb provádí po celé délce materiálu najednou.



Obrázek 11 Příklad technologie ohraňování [7]

- Lemování

Lemování je operace, která se používá pro případ, že potřebujeme vyztužit okraj vylisku anebo připravit polotovar na případné dodatečné vytvoření spoje. Pomocí této technologie je možno vytvořit žlábký na okraji výrobku pro zvýšení tuhosti.



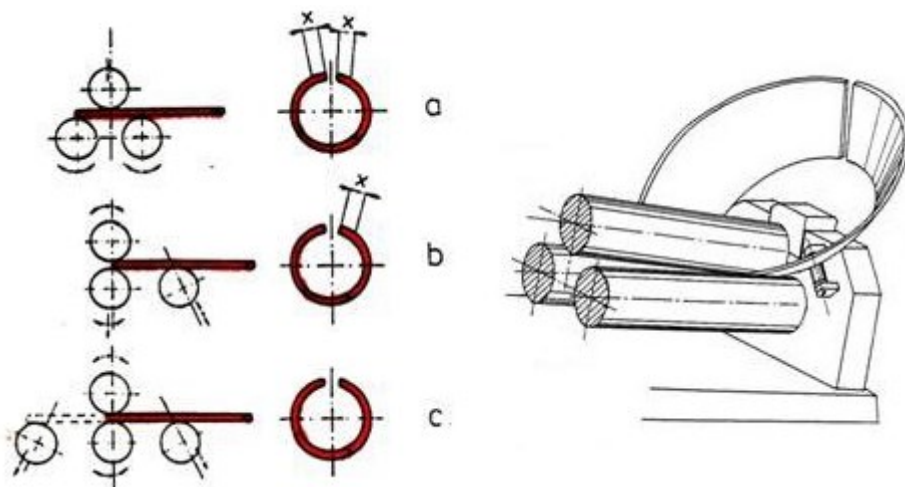
Obrázek 12 Příklad technologie lemování [7]

- Navíjení

Je to proces, při kterém dochází k navíjení materiálu na válec a tím dostává postupně požadovaný tvar. Běžně se tato technologie používá pro navíjení plechu do svitku.

- Zakružování

Tato technologie se provádí pomocí válců. Používá se k výrobě trubek, nádob kuželového tvaru, a to i plechů tlustých až 30 mm. Pro tlusté plechy se využívá zakružování za tepla. Stroj se nazývá zakružovací a může mít různé uspořádání válců. Zakružovadla mohou být tříválcová nebo víceválcová, uspořádání válců závisí na tloušťce ohýbaného materiálu a požadavcích na konec ohýbaného plechu. Pro tenké plechy se využívá technologie ohýbání elastickým nástrojem (zakružování probíhá pomocí ocelových a pryžových válců).



Obrázek 13 Příklady zakružovacích strojů [7]

- Válcování, profilování, stáčení na lisech.

2.5 Ohýbání povrchově upravených plechů

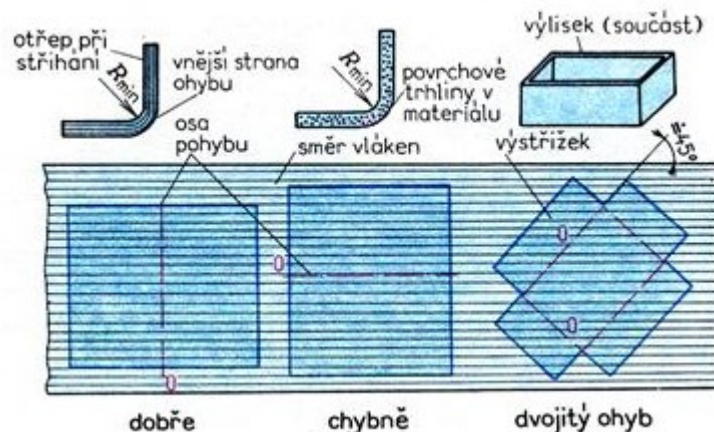
Ohýbat nemusíme jen polotovary bez povrchové úpravy, ale i polotovary s povrchovou úpravou. Při ohýbání materiálů s povrchovou úpravou se tato vrstva namáhá podle toho, jakou má polohu v ohýbadle. Povrchová vrstva může být z vnější strany ohybu nebo z vnitřní. Pokud je na vnější straně, je tato vrstva namáhána napětím, které ji přitlačí na základní materiál. Je-li povrchová vrstva na vnitřní straně, je namáhána tahovým napětím. K dodržení dovoleného namáhání povrchové vrstvy přispívá zejména vhodná geometrie funkčních částí ohýbadla (minimální poloměr ohybu, zaoblení ohybníku, správná vůle a drsnosti funkčních částí). Pokud je drsnost funkčních částí příliš vysoká, vede to ke zvětšení tření a následnému poškození povrchové úpravy polotovaru. Dovolенý poloměr ohybu je závislý na materiálu povrchové vrstvy a na její tloušťce. Čím bude povlak tlustší

a bude mít lepší elastické vlastnosti, tím bude docházet k relativně menšímu zeslabení povrchové vrstvy. [4]

2.6 Hlavní technologické zásady při ohýbání

Tyto zásady vyplývají z vlastností ohýbaného materiálu a z podmínek ohýbání. Stručně je lze napsat takto:

- Volit poloměr ohybu s ohledem na úhel odpružení co nejmenší. Vzhledem k tloušťce a tvárnosti ohýbaného polotovaru je však žádoucí volit poloměr ohybu větší.
- Osa ohybu kolmá ke směru vláken materiálu. Díky tomu je větší odpružení, ale je menší pravděpodobnost vzniku trhlin na vnější straně ohybu. Tento požadavek je těžké dodržet pro potíže s určením směru vláken. Otřep vzniklý při stříhání je nutné umístit na vnitřní stranu ohybu. U dvojitého ohybu by měly být všechna vlákna vzhledem k ose ohybu v úhlu 45°.



Obrázek 14 Vliv vláken na ohýbání [7]

- Pro zvýšení tuhosti výlisku a zmenšení odpružení ramen se dělají součástech prolisy o malém poloměru zaoblení.
- Materiál v místě ohybu je dobré uvolnit od neohýbaných částí nastřížením nebo prostřížením.
- Ohýbaná ramena musí mít určitou délku, jinak není ohyb dobře veden. Pokud máme ve výlisku díry, musí být rovněž v určité vzdálenosti od ohybu, jinak se budou deformovat.

- Pokud máme nestejně délky nebo šířky ohýbaných ramen od osy ohybu, dochází ke klouzání materiálu směrem delšího nebo širšího ramene. Kvůli tomuto jevu se používají závěsné kolíky, pro které je před ohýbáním v polotovaru nutné vyrobít příslušné díry.
- Složitější výlisky se tvarují tak, aby se docílilo co nejmenšího počtu ohybů, a to v jednom směru.
- Uvádění rozměrů funkčních částí ohýbadla na výkrese výlisku. Větší poloměry oblouku se kótují s uvedením výšky. [8]

3 PŘÍPRAVKY

Přípravky jsou velmi důležitou součástí jakékoliv strojírenské výroby. Lidově lze přípravek označit za “udělátko“, nebo také náradí. Konstrukce a výroba přípravků je ve strojírenství důležité natolik, že pro to existuje specializovaná profese.

Pod pojmem přípravek se rozumí jakékoliv pomocné zařízení, které účelně doplňuje výrobní stroje. Přípravky bývají zpravidla určeny k:

- Jednoznačnému upnutí a ustavení obrobku při jeho obrábění.
- Vzájemnému ustavení a přidržování dvou nebo více částí při jejich spojování.
- Vzájemnému nastavení polohy obrobku a nástroje a vedení nástroje při obrábění.
- Rychlé a jednoduché kontrole vyrobených dílů.

Účelem přípravků je:

- Zpřesnění výroby.
- Zkrácení vedlejších časů.
- Zjednodušení obsluhy vykonávání náročných úkonů.
- Rozšíření možností výrobního zařízení.
- Odstranění nebo zjednodušení namáhavé a zdraví škodlivé práce.

Přípravky můžeme rozdělit podle několika hledisek:

- Rozsah použitelnosti – univerzální, stavebnicové, jednoúčelové, pro určitou skupinu obrobků.
- Druh operace – montážní, doplněk k obráběcím strojům, kontrolní, určené k orýsování obrobků, měřicí, operační.
- Způsobu upínání – s ručním upínáním nebo s mechanickým upínáním.
- Určení – nezbytně nutné, hospodárné. [6], [10]

3.1.1 Montážní přípravky

Montážní přípravky se nejčastěji využívají k jednoznačnému ustavení součásti při montáži. Přípravek (nejčastěji v podobě stojanu nebo držáku) použijeme pro zajištění přesné polohy komponenty a poté se provede montáž. Zajištění přesné polohy je nezbytně nutné

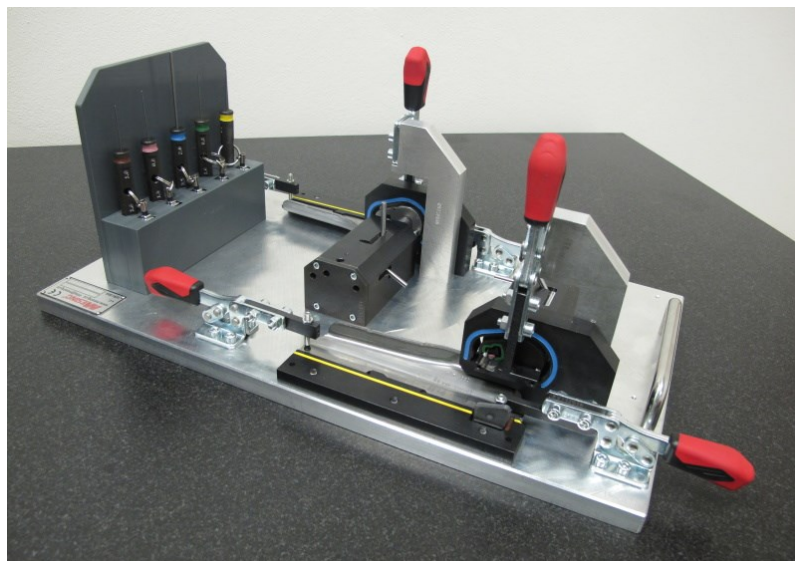
například pro svařování nebo nýtování, ale může ušetřit čas i pro sestavování rozebíratelných spojení. Příklad jednoduchého přípravku na přezouvání pneumatik motocyklů lze vidět na obrázku níže (Obrázek 15).



Obrázek 15 Příklad montážního přípravku pro přezouvání plášťů pneumatik [21]

3.1.2 Kontrolní přípravky

Tento typ přípravku nám slouží zejména ke kontrole kompletnosti sestavy. Tím je myšleno hlavně přítomnost důležitých prvků přidaných při předcházejících operacích, správné technologické provedení výrobního postupu (kontrola požadavků na přesnost výroby atd.). Kontrolní přípravky jsou založeny na zajištění přesné polohy dílu v prostoru. Základem bývá většinou deska z hliníku a ocelovými prvky pro ustavení dílu nebo sestavy. [6], [10]



Obrázek 16 Příklad kontrolního přípravku [22]

3.1.3 Měřicí přípravky

Tyto přípravky mají za úkol pomoci stanovit rozměry vyráběných dílů. Při velké sériovosti výroby se obvykle měří konkrétní počet kusů na přesně stanovených místech na dílu. Většinou se měřený díl ustaví do opěrných ploch přípravku, upevní se pomocí aretačních upínek a poté proběhne měření odchylek úchylkoměrem v určených bodech. Hodnoty se pak porovnají s dovolenou předepsanou tolerancí.



Obrázek 17 Příklad měřícího přípravku pro měření výšky [23]

3.1.4 Operační přípravky

Pod pojmem operační přípravek (setkáváme se také s pojmem obráběcí) si lze představit jednodušší konstrukci, která zabezpečuje vzájemnou polohu nástroje a obrobku. Tohoto typu přípravku se hojně využívá pro operace jako frézování, soustružení, broušení, vrtání atd. Mezi nejrozšířenější druh tohoto přípravku patří

stolní svěrák (Obrázek 18), ovšem v dnešní době se hojně používají i například magnetické upínky.



Obrázek 18 Příklad obráběcího přípravku: svěrák [24]

Tyto všechny vypsané druhy přípravků se nevyskytují pouze odděleně. Dnes je běžné vyrábět jednotlivé druhy přípravků v kombinaci (nejčastěji montážní přípravky s kontrolními a měřicími). [6], [10], [15]

4 FASÁDNÍ KAZETY

Stejně jako jiné obory i stavebnictví rozvíjí své technologie. Jedním z významných posunů je jednoznačně provětrávaná fasáda, která patří do skupiny bezkontaktního zateplení.

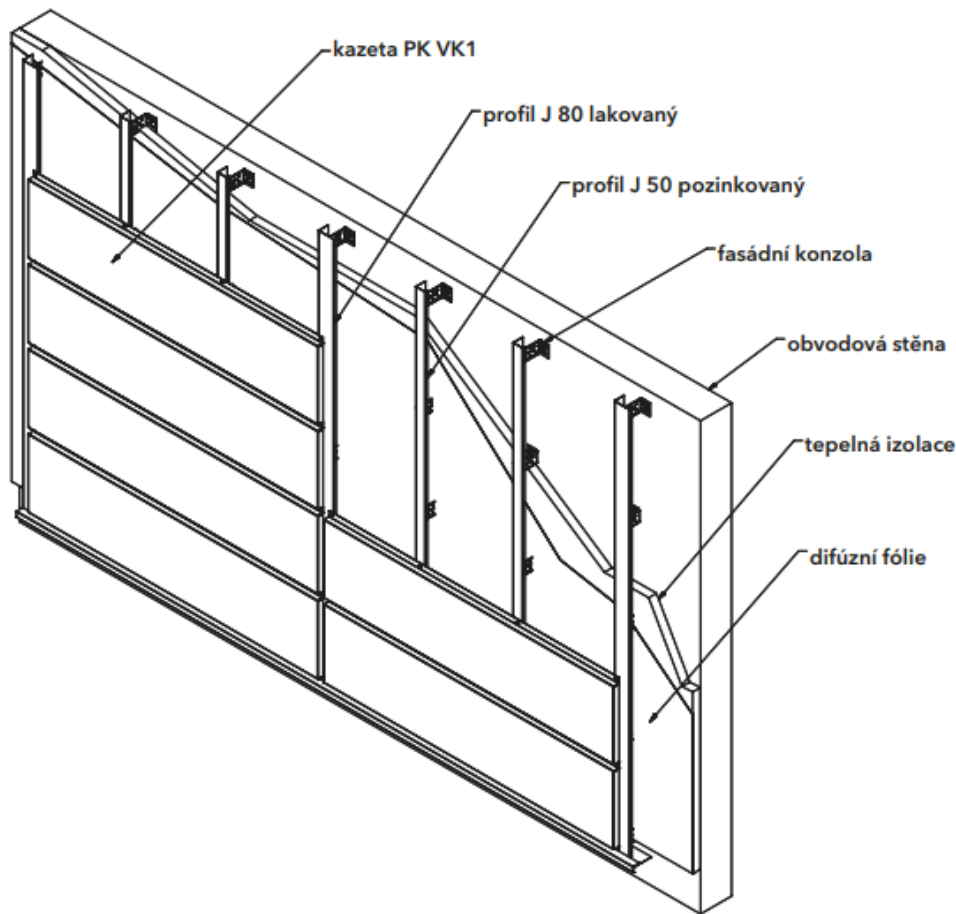
Provětrávané fasády patří mezi moderní řešení opláštění mnoha typů budov. Tento typ fasády je složen z jednotlivých dílků neboli fasádních kazet. Zajišťují dobrou ochranu vůči teplu a dokážou udržet dobré vnitřní klima objektu v létě i zimě. [11], [12]



Obrázek 19 Provětrávaná fasáda [11]

4.1 Lehký obvodový plášť (LOP)

Názvem lehký obvodový plášť se rozumí obálka budovy, kterou tvoří konstrukce svislých a vodorovných profilů. Tyto profily se spojují a ukotvují do nosné konstrukce budovy. Fasáda zajišťuje veškeré potřebné funkce venkovních i vnitřních stěn, obsahují otevíratelné i pevné výplně. Lehký obvodový plášť se ale nepodílí na celkové stabilitě konstrukce, ani neposiluje její únosnost. LOP svou tíhu přenáší na hlavní nosnou konstrukci budovy. Další zatížení, která vznikají při použití LOP, jsou například užité zatížení, zatížení vzniklé působením větrem a seizmické zatížení.



Obrázek 20 Příklad ukotvení LOP k nosné konstrukci budovy [11]

Klasické polystyrenové fasády mají izolační vrstvu montovanou přímo na zdi, zatímco LOP vytváří mezeru mezi zdivem a obkladovým materiálem a využívá cirkulaci vzduchu. Pokud se použije jednosměrná difúzní fólie, pak vlhkost prostupuje od zdiva v mezeře určené pro odvod vlhkosti. Dlouhá životnost fasády je zajištěna vysokou chemickou, fyzikální i mechanickou odolností všech prvků fasády. [11], [12]

4.1.1 Přednosti provětrávaných fasád

LOP disponuje pestrou škálou architektonických možností opláštění, což dává budovám jejich designovou hodnotu. Mezi největší výhody se řadí snadná údržba, dlouhá životnost, velkým plusem je také možnost vyměnit poškozené části bez větších obtíží. Další předností je i možnost namontovat LOP na členitý a nerovný povrch při suchém montážním procesu, což dává časovou variabilitu a možnost montáže i v zimě. LOP dále dobře odolává ohni, mechanickému poškození a znečištění. Estetiku lze dále zlepšovat širokou škálou materiálů, povrchových úprav a barev.

Mezi hlavní praktické výhody lehkých obvodových pláštů patří:

- Vysoká požární ochrana – Oproti polystyrenovým fasádám dokáže LOP odolávat velmi vysokému žáru. Některé speciální povrchy dokážou odolat i kontaktu s přímým ohněm, a tím zabránit jeho natavení a uvolnění nebezpečných spalin.
- Ochrana proti dešti a větru – Vnější opláštění je odolné vůči proniknutí dešťové vody a nečistot, které jsou nesené větrem, a tím chrání zbylé vrstvy fasády proti těmto povětrnostním vlivům.
- Ochrana proti slunečnímu svitu a vysokým teplotám – Obzvláště v letních měsících je lehký obvodový plášť užitečný, protože brání přenosu tepla do vnitřních prostor objektu. Teplo, které se akumuluje pod povrchem LOP je odváděno prouděním vzduchu do odvětrávací mezery, a díky tomu je celé opláštění ochlazováno.
- Tlumení hluku – LOP dokáže skvěle tlumit hluk z okolí, a proto se stále častěji využívá ve větších městech s rušnou dopravou.
- Ochrana před mrazem – Díky proudícímu vzduchu mezi LOP a nosnou konstrukcí budovy je z tohoto prostoru neustále odváděna vlhkost. Kvalitní tepelná izolace navíc brání ztrátám tepla do okolí, díky tomu je možné snížit náklady na vytápění.
- Zabezpečení stavby proti škůdcům – Díky mechanicky odolné struktuře je budova zabezpečena proti zahnízdění ptáků nebo napadnutí hlodavci. Bezpečnostní mřížky nebo perforované plechy zajišťují ochranu ve větracích mezerách. [11], [12]

4.1.2 Zpracovávané materiály fasádních kazet

- **Plech** – Jedním ze základních materiálů pro fasádní kazety jsou různé druhy plechu s mnoha variantami povrchovými úpravami. Například lakovaný a přírodní hliník, pozink lakovaný polyesterovým lakem (ale i PUR, PVDF, PUR/PA a další), pozinkovaný plech, viplanyl, titanžinek lesklý, měď, titanžinek předzvětralý. Veškeré nabarvené materiály jsou lakovány. Zpracovávají se také speciální materiály jako Tecu, Aurubis, CorTen. [11], [12]
- **Bondy (ACP)** – Jsou to kompozitní sendvičové desky, které se skládají z jádra plastového nebo minerálního a dvou krycích hliníkových plechů. Bondové fasády se nejčastěji vyrábějí ze sendvičových desek o tloušťce 4 mm. Fasádní kazety

z bondů se vyznačují celou řadou pozitivních vlastností, zejména pak nízkou hmotností při zachování velmi vysoké tuhosti a rovinnosti, což je dobrý předpoklad pro kvalitní vzhled fasády. Další výhody jsou dobrá schopnost akustického útlumu, dobré tepelně izolační vlastnosti a požární odolnost. [11], [12], [13]

- **Vysokotlaké lamináty** – Vysokotlaké lamináty jsou velmi odolné materiály, které jsou tvořeny většinou jednotlivými vrstvami papíru, který se sytí fenolickou pryskyřicí. Tyto materiály se vyrábí za působení vysoké teploty a tlaku. Povrchové vrstvy materiálu jsou opatřeny ochrannými a dekoračními vrstvami. Velké výhody kazet z vysokotlakého laminátu jsou určitě jejich odolnost proti chemikáliím, vlhkosti a vodní páře. Jsou vhodné i pro větší zatížení, mají dobrou trvanlivost.
- **Vláknocementové desky** – Tento typ fasádních desek je vyráběn výhradně z přírodních surovin. Základními materiály, které tvoří vláknocementové desky jsou minerální plniva, cement, netoxická organická vlákna, celulóza a trocha vody. Mezi hlavní přednosti tohoto materiálu patří hlavně nehořlavost. Jde o ekologicky přívětivý a trvanlivý materiál, který je možno recyklovat.

4.1.3 Příklady konkrétních plechových fasádních kazet

Kromě více možností použitých materiálů fasádních kazet se mohou jednotlivé druhy od sebe lišit ještě designově nebo různými konstrukčními řešeními ukotvení. Nyní si uvedeme několik příkladů fasádních kazet od firmy H&B delta. [11], [12]

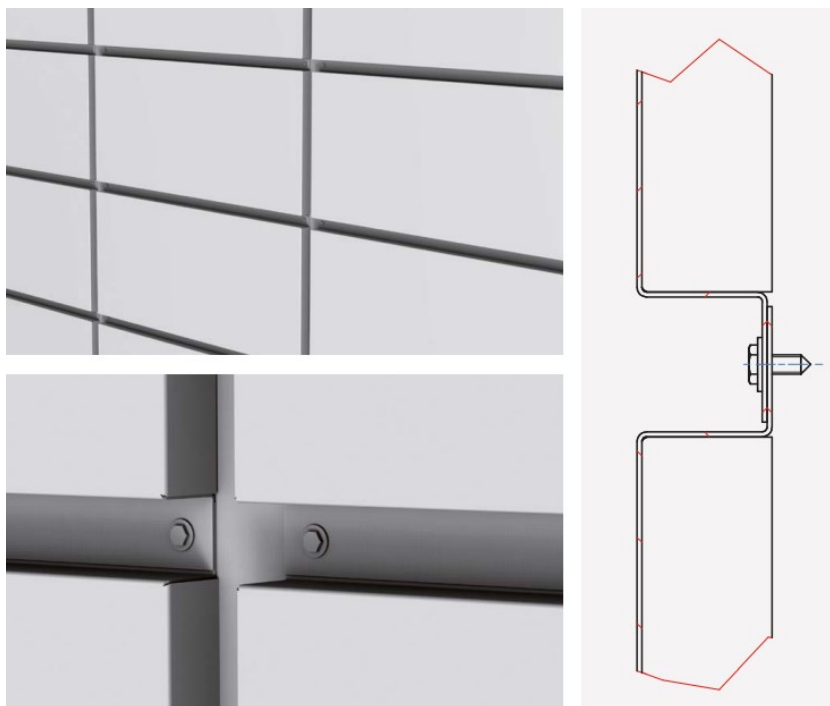
Kazeta PK VK1

PK VK1 je ohýbaná fasádní kazeta obdélníkového nebo čtvercového tvaru. Dále je tvořena uzavřenými bočnicemi a dolní a horní polodrážkou. Šrouby určené k ukotvení kazety jsou umístěny ve vodorovné spáře. Kotvení (šrouby) jsou na fasádě viditelné. Svislou spáru netvoří kazeta samotná, ale je zde viditelný nosný profil roštu, který je povrchově upraven stejně jako fasádní kazeta. Materiálové varianty kazet jsou následující – lakovaný pozinkovaný plech, měděný plech, přírodní a lakovaný hliníkový plech, titanzinkový plech. [11], [12]

Výhody:

- Fasády mají dobrý technický vzhled,
- Možnost obdélníkového i čtvercového tvaru,

- Variabilita rozměrů kazety,
- Snadná demontáž a výměna jednotlivých kazet.



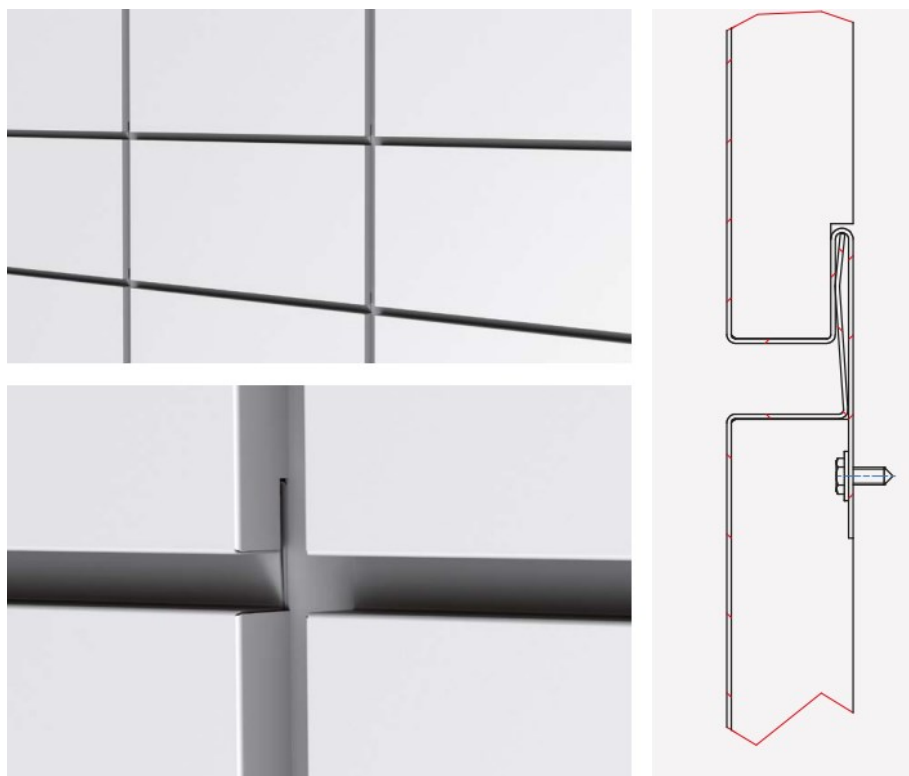
Obrázek 21 Ukotvení kazety PK VK1 [12]

Kazeta PK SK1

PK SK1 je ohýbaná fasádní kazeta obdélníkového nebo čtvercového tvaru. Dále je tvořena uzavřenými bočnicemi a drážkou. Šrouby určené k ukotvení kazety jsou umístěny v horizontální spáře. Kotvení je zde konstruováno tak, že spoj je přikryt plochou další kazety tak, že není viditelný. Vertikální spáru netvoří kazeta samotná, ale je zde viditelný nosný profil roštu, který je povrchově upraven stejně jako fasádní kazeta. Materiálové varianty kazet jsou následující – lakovaný pozinkovaný plech, měděný plech, přírodní a lakovaný hliníkový plech, títanzinkový plech. [11], [12]

Výhody:

- Šroubové spoje nejsou viditelné,
- Možnost různé šířky spár,
- variabilita rozměrů,
- snadná a rychlá montáž s možností odshora dolů.



Obrázek 22 Ukotvení kazety PK SK1 [12]

5 SHRUTÍ LITERÁRNÍ ČÁSTI

V prvních kapitolách teoretické části byla představena obecná technologie tváření. Byly zde představeny a vysvětleny různé děje a zákonitosti, které při tváření nastávají a kterými se tváření řídí. Dále se řešeršní část zúžila na jednu z nejběžnějších tvářecích technologií, a tou je ohýbání. Zde byly rozebrány hlavní principy této technologie, technologické zásady a také rozdělení různých druhů ohýbání. Následuje kapitola zaměřená na hlavní druhy přípravků a jejich užití v praxi. Posledním bodem literární části byl popis fasádní kazety a charakteristik lehkých obvodových plášťů budov.

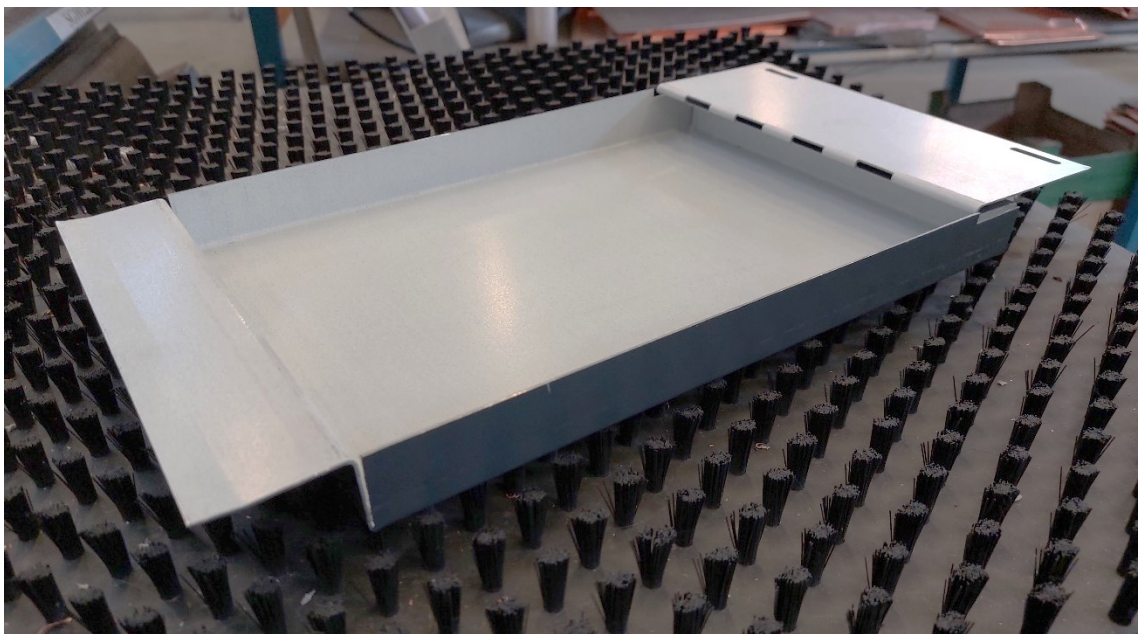
II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 STANOVENÍ CÍLE PRÁCE

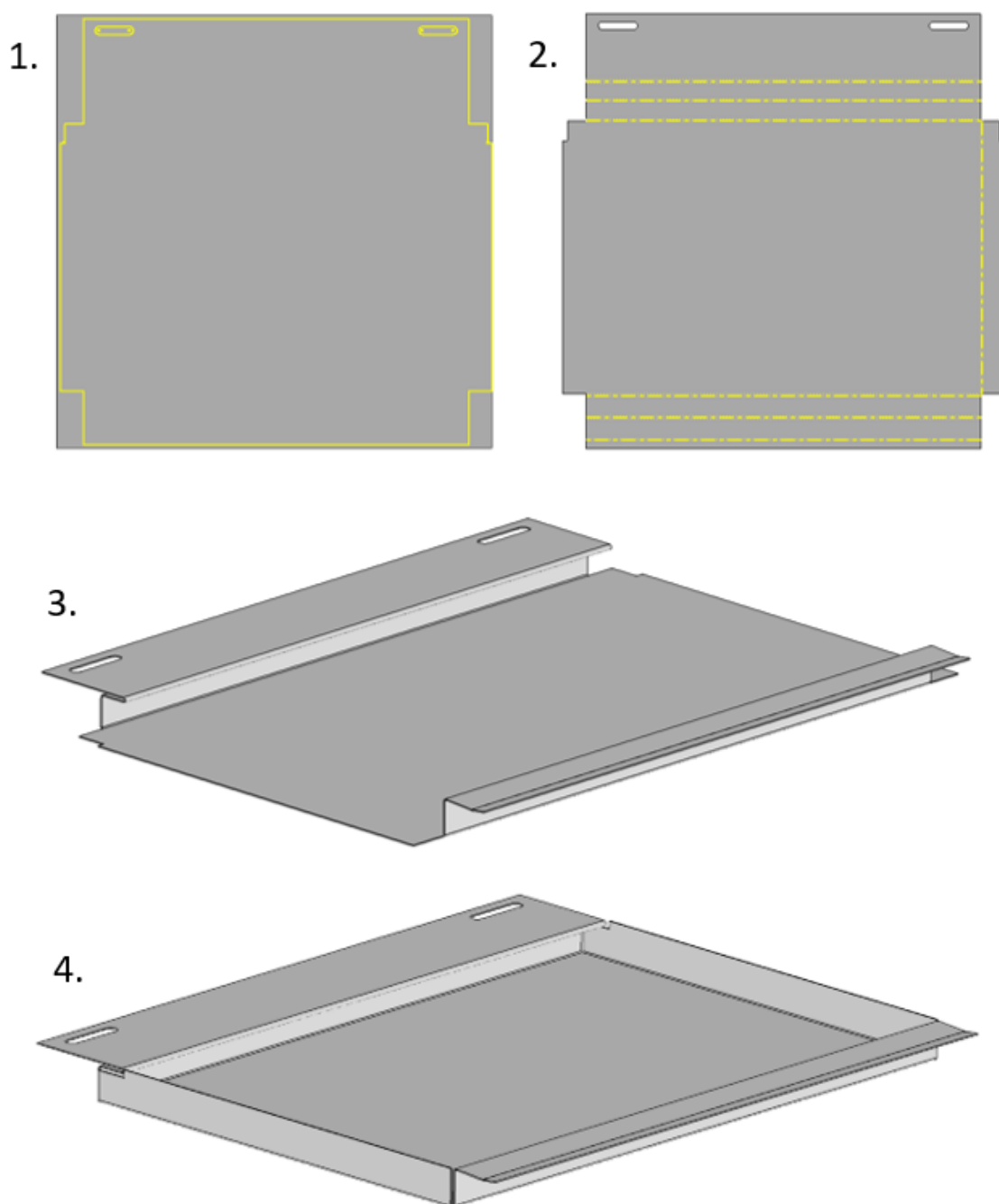
Cílem této práce je navrhnout vhodně konstrukčně řešený přípravek určený k ohýbání plechových fasádních kazet. Tyto kazety jsou vyráběny společností H&B delta. Přípravek musí být konstruovaný tak, aby bylo možné ho připevnit na ruční ohýbačku, která zajišťuje finální ohyby kazety. Součástí praktické části bude analýza momentálního technologického postupu výroby fasádních kazet všech možných rozměrů. Hlavní částí potom bude představení samotného návrhu přípravku, vysvětlení jeho funkce a popis jednotlivých dílů. K návrhu přípravku bude vypracována i kompletní výkresová dokumentace.

7 SOUČASNÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY KAZETY

Společnost H&B delta působí na trhu již řadu let a disponuje velmi širokým a moderním strojovým parkem. V následujících podkapitolách budou popsány veškeré technologické operace, které se dějí v této firmě včetně jednotlivých strojů nebo linek. Technologické postupy kazet se mohou lišit v závislosti na specifické funkci nebo designu. Pro příklad popisu výrobního postupu je vybrána základní kazeta typu PK SK1 se skrytým kotvením podobná kazetě na obrázku (Obrázek 23). Jednotlivé fáze vzniku kazety rozdělené do čtyř kroků je potom možno vidět na obrázku (Obrázek 24).



Obrázek 23 Příklad vyráběné kazety



Obrázek 24 Fáze výroby kazety

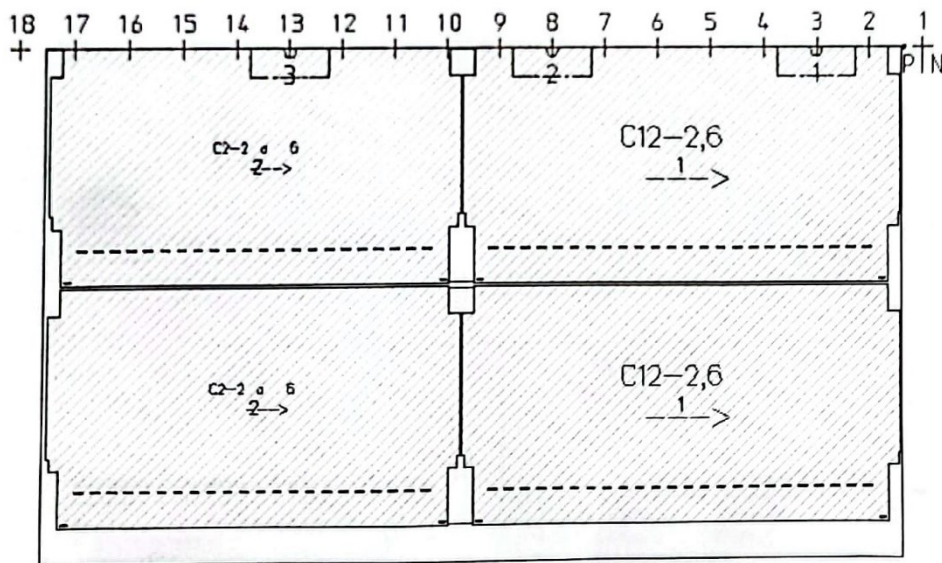
1. Dělení pásu plechu, 2. Vysekávání, 3. Ohýbání profilu kazety, 4. Ohnutí bočnic

7.1 Dělení

Výchozím polotovarem pro výrobu fasádních kazet jsou plechy různého materiálu (lakovaný pozinkovaný plech, měděný plech, titan-zinkový plech atd.). Ten se dodává v podobě velkých svitků. Tloušťka plechu je závislá na svislém rozměru kazety neboli šířce. Pokud je šířka kazety menší než 250 mm, doporučuje společnost H&B delta volit

šířku plechu 0,75 mm, pokud je šířka vyšší, pak se obvykle volí tloušťka 1 mm. Než dojde k samotnému dělení materiálu, je nutné vypracovat plán rozložení tvaru kazety na plechu tak, aby bylo co nejekonomičtější využití materiálu (Obrázek 25). Vysokého využití materiálu lze dosáhnout nejčastěji dvěma způsoby:

- vhodné zvolení natočení kazety na výsledné tabuli plechu (na výšku nebo na šířku),
- zvolení vhodné šířky pásu plechu.



Obrázek 25 Příklad plánu rozložení tvaru kazety na tabuli plechu

7.1.1 NC dělicí centrum

První technologická operace probíhá na NC dělicím centru značky FORSTNER. Tato linka je určena pro příčné i podélné dělení tenkých plechů a je na ni možno provést až 5 řezů současně (vyrobit 6 pásů). Maximální šířka pásu je 1250 mm. Části tohoto stroje je možno vidět na obrázku (Obrázek 26 a 27). Linka obsahuje tyto hlavní části:

- stojan s podpěrnými válci,
- odvíječ svitků,
- ovládací zařízení,
- podélné a příčné nůžky,
- rovnací válce – pro další zpracování je nutné, aby byly výsledné tabule plechu dokonale rovné.



Obrázek 26 NC dělicí centrum – odvíjení svitků plechu



Obrázek 27 NC dělicí centrum – rovnací válce

7.2 Vysekávání

Po počátečním dělení materiálu následuje výroba veškerých otvorů a tvarových úprav kazety vysekáváním. Otvory mají v kazetě obvykle dvě funkce. Slouží buď pro ukotvení kazety pomocí šroubů k ocelovému nosnému roštu, nebo se používají v místech lemování. Otvor pro ukotvení je dělaný tak, aby byla možnost kazetu mírně posunout, pokud je to nutné. Dále se při této operaci vysekají rohy kazety. Běžně je také možné se setkat se

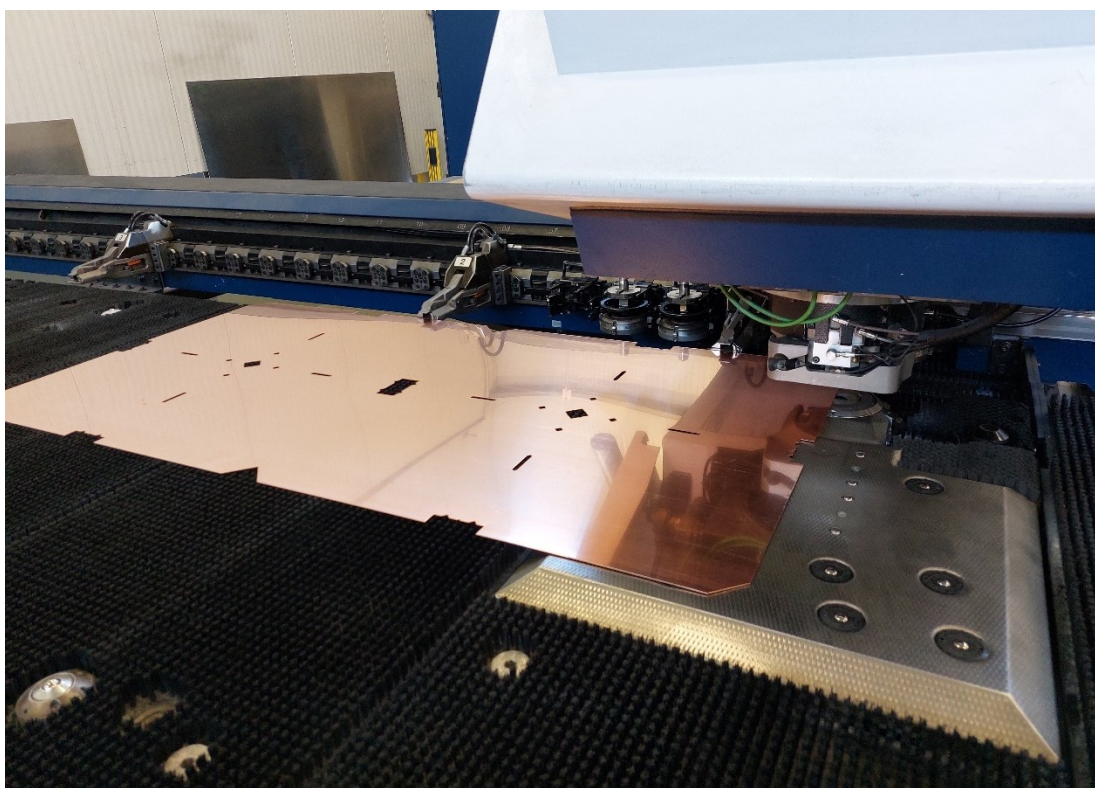
speciálními prvky na kazetách. Ty jsou přítomny nejčastěji z designových důvodů v podobě různých tvarových otvorů na pohledové části kazety. Příklad vzhledu tabule po vysekávání a razící stroj lze vidět na obrázku (Obrázek 28).

7.2.1 Razící stroj

Vysekávání probíhá na razícím stroji TruPunch 3000 značky TRUMPF. Slouží ke zpracování rovných plechů s vysokou přesností. Tento stroj se vyznačuje velkou variabilitou úkonů (vysekávání, tváření, gravírování atd.). Výhodou u tohoto stroje je vysoká míra automatizace a snadná obsluha stroje.

Základní technické parametry razícího stroje:

- pracovní oblast délka x šířka je 3070 x 1660 mm,
- maximální hmotnost obrobku je 260 kg,
- maximální tloušťka plechu je 6,4 mm,
- maximální razící síla je 180 kN.



Obrázek 28 Vysekávání kazety

7.3 Stříhání

Technologická operace stříhání je zařazena do technologického postupu v případě, že na jednu tabuli plechu připadne více kazet (o tom rozhodne plán rozvržení kazety v závislosti na ekonomickém hledisku). Jedná se pouze o rozstřížení tabule plechu už na jednotlivé samostatné kazety.

Pro tyto účely se nachází ve firmě několik druhů nůžek, nejpoužívanější jsou hydraulické nůžky HSLX 4006 značky HACO s maximální pracovní šířkou 4050 mm. Maximální možná tloušťka materiálu je 6,5 mm.

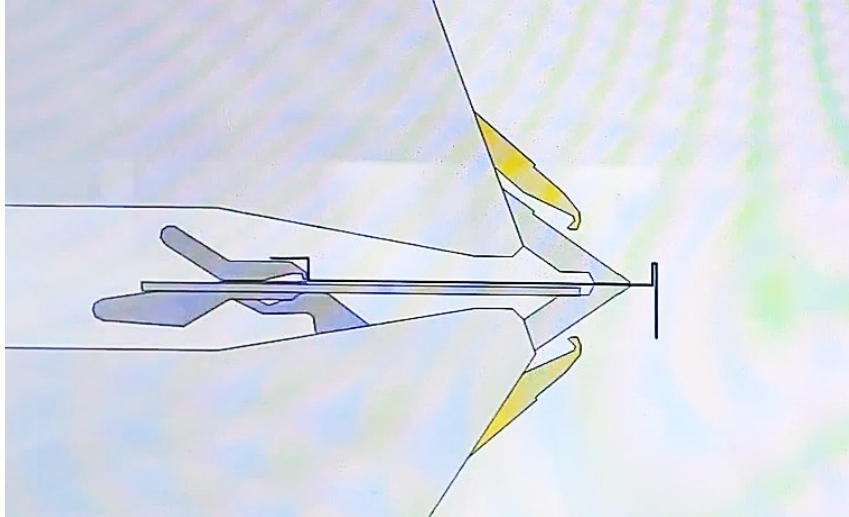
7.4 Ohýbání

Ohýbání se řadí bezpochyby mezi stěžejní operace výroby plechové kazety. Ohyby musí být provedeny s velkou přesností, jakákoliv nepřesnost nebo křivost se na fasádě projeví velmi negativně, obzvláště z estetického hlediska. U kazety se skrytým kotvením je navíc velmi důležitá přesnost ohybu lemu o 180°. Operace ohýbání probíhá na dva kroky:

- ohnutí veškerých ohybů zámku kazety (profilu) pomocí CNC ohýbačky plechu,
- zavření kazety – ohnutí bočnic pomocí ruční ohýbačky s otočnou deskou.

7.4.1 CNC ohýbačka plechu

Ohýbání zámku probíhá na CNC ohýbačce XXL – CENTER značky RAS. Je to servoelektrická ohýbačka plechu. Umožňuje plně automatické ohýbání plechu v obou směrech nahoru i dolů bez nutnosti otáčení plechu. Automatické manipulátory uchopí plech a přidržují ho po celou dobu ohýbacího cyklu. Pro zaručení přesných ohybů je nutné pouze upnout mezi manipulátory kazetu tak, aby hrana kazety a hrana nástroje byly rovnoběžné. Část cyklu ohýbání na tomto stroji je možné vidět na obrázku simulace procesu (Obrázek 29) a také na (Obrázek 30). Výsledný vzhled kazety (bez bočnic) po tomto ohýbacím cyklu je možno vidět na dalším obrázku (Obrázek 31).



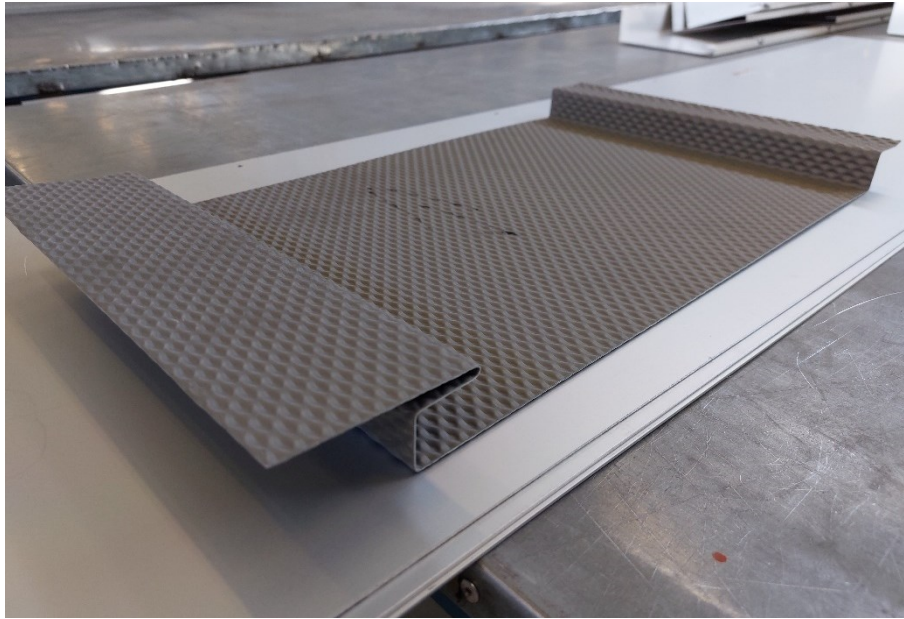
Obrázek 29 Simulace ohýbacího cyklu

Parametry stroje:

- pracovní délka je 6400 mm,
- kumulovaný úhel ohybu je 300° ,
- hloubka zadního dorazu je 800 mm,
- maximální tloušťka materiálu je u oceli do 1,5 mm, u hliníku do 2 mm.



Obrázek 30 Ohýbání na CNC ohýbačce plechu



Obrázek 31 Vzhled kazety (bez bočnic) po první části ohybu

7.4.2 Ruční ohýbačka

Poslední operací je závěrečné zavření bočnic kazety. Tyto poslední dva ohyby je nutné z technologických důvodů dělat na ruční ohýbačce s nastavitelnou šířkou horní hrany a otočnou deskou. Horní nastavitelná hrana je tvořena přípravky o různých šířkách, kterými musí být vyplněn prostor mezi ohyby z předchozí operace, jak lze vidět na obrázku níže (Obrázek 32).



Obrázek 32 Ohyb ruční ohýbačkou

Přípravky mají pro upevnění k vrchní části ohýbadla drážku a k zajištění polohy šroubek s kuličkou, která zapadne do drážky na ohýbadle. Celková pracovní délka ohýbadla je 1000 mm. Detail přípravků a jejich upevnění lze vidět na obrázku (Obrázek 33).



Obrázek 33 Detail upevnění přípravku k ohýbadlu

7.5 Zhodnocení současného technologického postupu

Společnost H&B delta se zabývá výrobou a montáží provětrávaných fasád již řadu let, proto má zavedený časem ověřený efektivní postup výroby. Jednotlivé operace a pracoviště na sebe pěkně navazují počínaje skladováním materiálu přes samotnou výrobu až po finální balení a expedici výrobků. Kvalita výrobků i pracovního postupu výroby je dána také využíváním nejmodernějších počítačem řízených strojů. Díky tomu je možno kazety vyrábět s velkou přesností tak, aby vyhovovaly nejen po funkční, ale také vizuální stránce.

Komplikací pro jinak velmi kvalitní technologický postup výroby představuje poslední krok, ohýbání bočnic. Tato operace je problematická z několika důvodů:

- Z technologických důvodů je nutné tuto operaci provádět na ruční ohýbačce, což může vést k častějším lidským chybám.

- Kazety mají mnoho různých velikostí, proto musí být horní hrana ohýbačky nastavitelná.
- Přípravky tvořící horní hranu musí mít často kvůli složitějšímu profilu kazety speciální tvary.

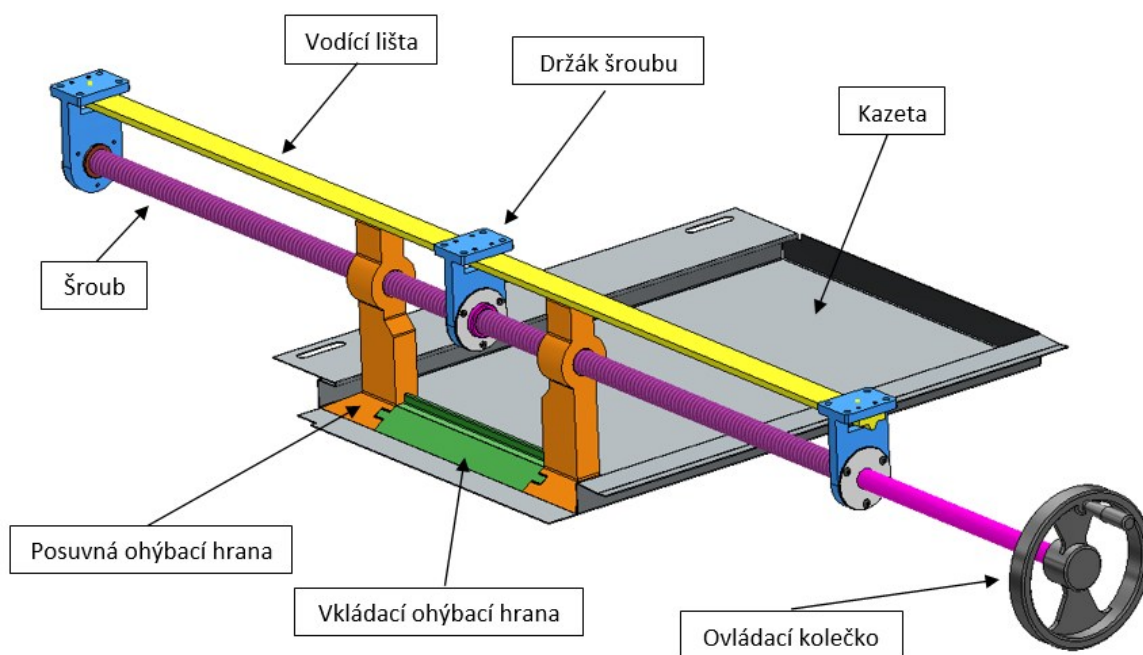
V následující kapitole bude představen koncept univerzálního přípravku, který je určen ke zjednodušení, zefektivnění a zpřesnění posledního kroku výroby fasádních kazet – ohnutí bočnic kazety.

8 NÁVRH UNIVERZÁLNÍHO PŘÍPRAVKU

Poslední kapitola této práce se zabývá představením konceptu univerzálního přípravku a vysvětlením jeho funkce. Poslední částí potom bude podrobnější popis jednotlivých komponent přípravku.

8.1 Koncept univerzálního přípravku

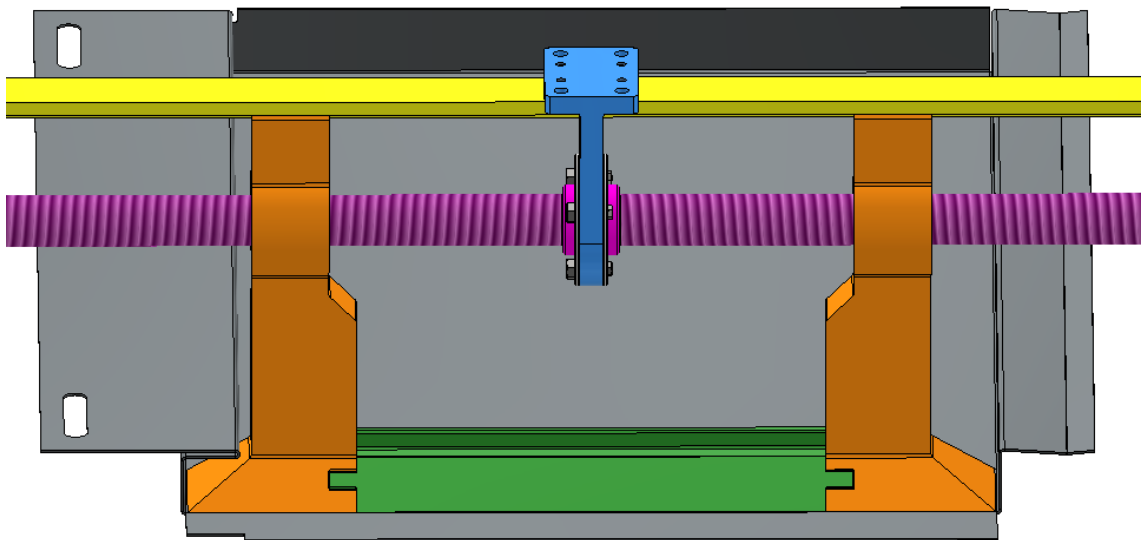
Přípravek bude určený k použití na ruční ohýbačce s otočnou deskou. Účelem přípravku je co nejjednodušeji vytvořit horní hranu ohýbadla tak, aby bylo možné ohýbat kazety různých rozměrů. Sestavu přípravku s popisem hlavních částí lze vidět na obrázku níže (Obrázek 34).



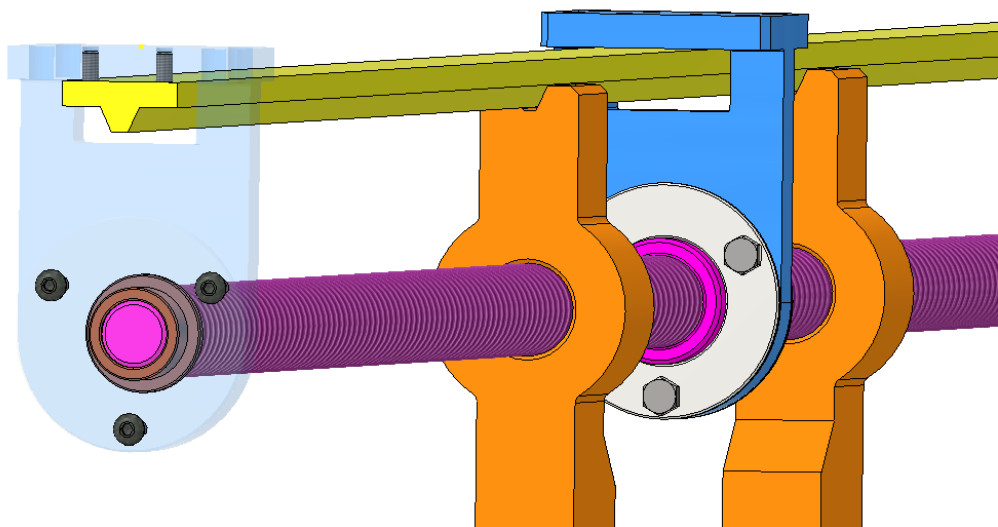
Obrázek 34 Univerzální přípravek

Jedná se v podstatě o šroubový mechanismus. Hlavní částí je šroub, který je pomocí třech držáků uchycen k ruční ohýbačce. K držákům je také přišroubována vodící lišta. Držák, který podepírá šroub uprostřed, ho zároveň rozděluje na dvě části, na část levou, kde je levotočivý závit a na část pravou, kde je pravotočivý závit. Na obou těchto polovinách se nachází posuvná ohýbací hrana. Jelikož má šroub na levé straně opačně orientovaný závit než na pravé straně, tak pokud se bude otáčet ovládacím kolečkem, posuvné ohýbací hrany se budou posouvat buď k sobě, nebo od sebe. Pro zajištění proti pootočení se posuvná

ohýbací hrana pohybuje po vodící liště. Poslední částí přípravku je vkládací ohýbací hrana. Univerzálnost tohoto přípravku spočívá v tom, že lze posuvné hrany nastavit na libovolnou šířku. Vkládací ohýbací hrana pak slouží k vyplnění prostoru mezi posuvnými hranami, vzájemná poloha je zajištěna pomocí drážky. Vkládacích hran bude potřeba mít několik rozměrů. Jakmile jsou posuvné ohýbací hrany nastavené na konkrétní šířku kazety a mezi nimi je vložena vkládací ohýbací hrana, může dojít k ohybu kazety.



Obrázek 35 Univerzální přípravek: detailní přední pohled



Obrázek 36 Univerzální přípravek: detailní boční pohled

8.2 Výhody navrženého přípravku

Přípravek byl navržen s ohledem na stávající technologický postup tak, aby zefektivnil proces ručního ohýbání. Mezi nejzásadnější výhody přípravku patří zjednodušení, zkvalitnění a zrychlení výroby.

Podle současného postupu se musí horní hrana ohybu složit z několika přípravků, podobných posuvné ohýbací hraně (Obrázek 33). Aby byl ohyb kvalitně proveden, musí se postupně hledat taková kombinace přípravků, aby jimi byla, pokud možno, celá hrana ohybu zaplněna, což není vždy možné. Najít správnou kombinaci může zabrat hodně času, a navíc je nutno po jednom každý přípravek pevně připevnit ke konstrukci ohýbadla.

Oproti tomu pomocí univerzálního přípravku lze první nastavit potřebnou šířku ohybu pomocí ovládacího kolečka přímo v profilu kazety. Následně je potřeba změřit prostor mezi posuvnými ohýbacími hranami a zvolit nejbližší nižší vkládací ohýbací hranu, kterou je potom nutné jen jednoduše vsunout do drážek mezi posuvné hrany. Nejčastější šířky kazet se pohybuje v rozmezí 130 mm (což odpovídá délce posuvných ohýbacích hran, když jsou u sebe) až 500 mm. Pro zajištění přesných ohybů v tomto rozmezí šířek kazety by bylo nutné mít 18 různých délek vkládacích hran.

8.3 Popis jednotlivých komponent přípravku

Přípravek se skládá z několika částí, v této podkapitole budou popsány všechny hlavní nenormalizované součásti a detailněji popsány jejich funkce v přípravku.

8.3.1 Šroub

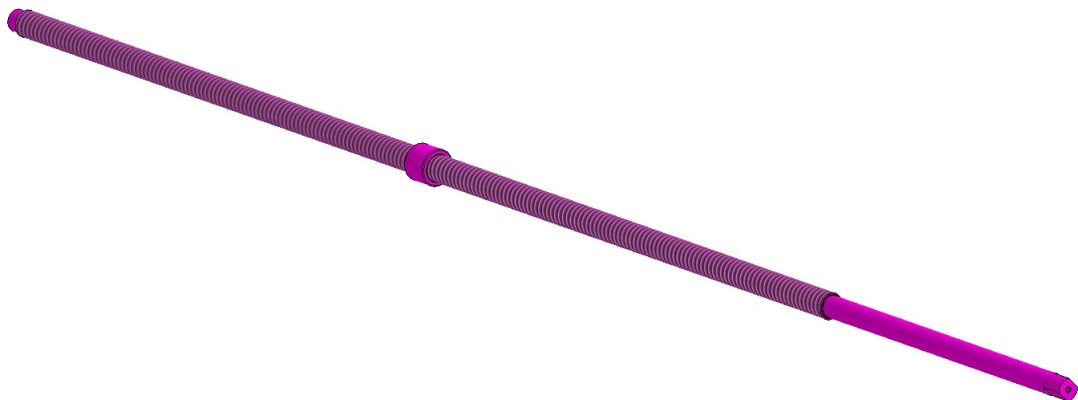
Stěžejním prvkem celého přípravku je bezpochyby šroub. Ten je určený k transformaci otáčivého pohybu ovládacího kolečka na konci šroubu na přímočarý pohyb posuvných hran. Materiál šroubu bude ocel 12 040. Šroub je uložen v kluzných ložiskách do podpěr ve třech místech, dvakrát na koncích závitů a jednou uprostřed šroubu na osazení, které rozděluje závity na pravý a levý. Důvod pravého i levého závitů na jednom šroubu je, aby se posuvné hrany pohybovaly k sobě a od sebe. Rozměry závitové části lze vidět na obrázku (Obrázek 37), jmenovitý průměr je 22 mm, délka závitů je na obou koncích 489 mm, aby pokrýval celý pracovní prostor ohýbadla. Označení závitů je Tr 22x5.

Rozměry v mm

| Jmenovitý průměr závitu d | Rozeč P | Průměr závitu | | | | | Vůle ve vrcholu závitu a_c |
|-----------------------------|-----------|---------------|--------|-------------|--------|--------|------------------------------|
| | | velký | | střední | malý | | |
| | | d | D_4 | $d_2 = D_2$ | d_3 | D_1 | |
| 22 | (2,0) | 22,000 | 22,500 | 21,000 | 19,500 | 20,000 | 0,25 |
| | (3,0) | 22,000 | 22,500 | 20,500 | 18,500 | 19,000 | 0,25 |
| | 5,0 | 22,000 | 22,500 | 19,500 | 16,500 | 17,000 | 0,25 |
| | (8,0) | 22,000 | 23,000 | 18,000 | 13,000 | 14,000 | 0,25 |

Obrázek 37 Lichoběžníkový rovnoramenný jednochodý závit [17]

Na jedné straně šroub končí v podpěře, na straně druhé je prodloužen mimo prostor ohýbadla kvůli umístění ovládacího kolečka. Na této straně je taky z důvodu připevnění kolečka díra se závitem. Samotný šroub lze vidět na obrázku níže (Obrázek 38).

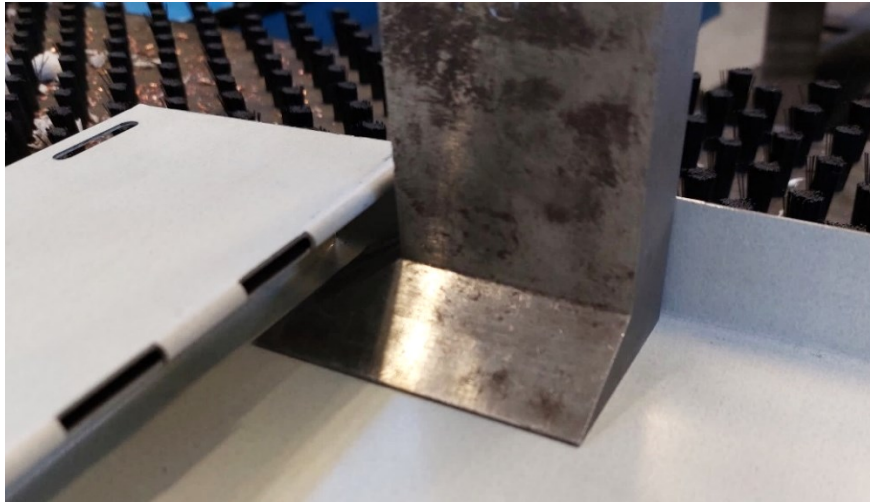


Obrázek 38 Šroub

8.3.2 Posuvná ohýbací hrana

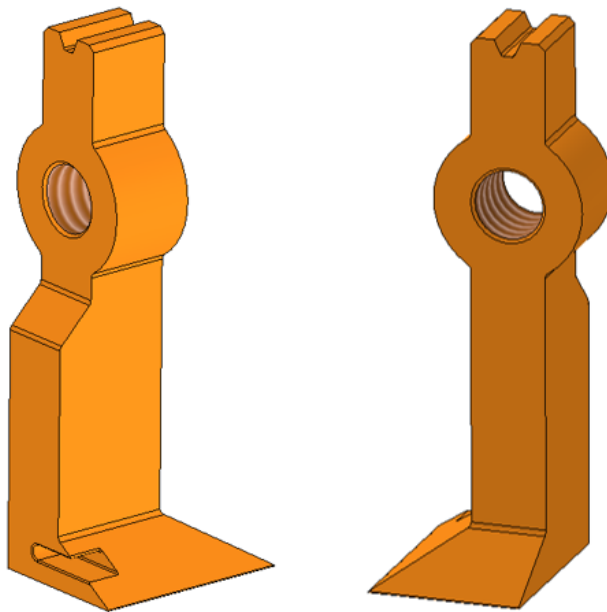
Posuvná ohýbací hrana je komponenta zajišťující univerzální rozměrové varianty přípravku. Součásti jsou na přípravku dvakrát a jsou zrcadlové. Rozdíl mezi nimi je jen v díře se závitem. Na obou součástech je závit Tr 22x5, ale stejně jako na šroubu je na jednom kusu pravý a na druhém levý závit. Nad dírou se závitem je umístěna lichoběžníková drážka, která se při pohybu posuvných hran opírá o vodící lištu, a tím zajišťuje přesné ustavení polohy při přímočarém pohybu. Jméno této komponenty je odvozeno od spodní části, která tvoří posuvnou hranu, okolo které budou probíhat ohyby kazet. Hrana je vystouplá ve dvou směrech z důvodu možných složitějších profilů kazet.

Například u kazet se skrytým kotvením většinou profil zasahuje do dutiny kazety, proto je posuvná hrana konstruována takto, aby bylo možné se dostat k okraji kazety (Obrázek 39).



Obrázek 39 Ohýbací hrana na složitější profily kazet

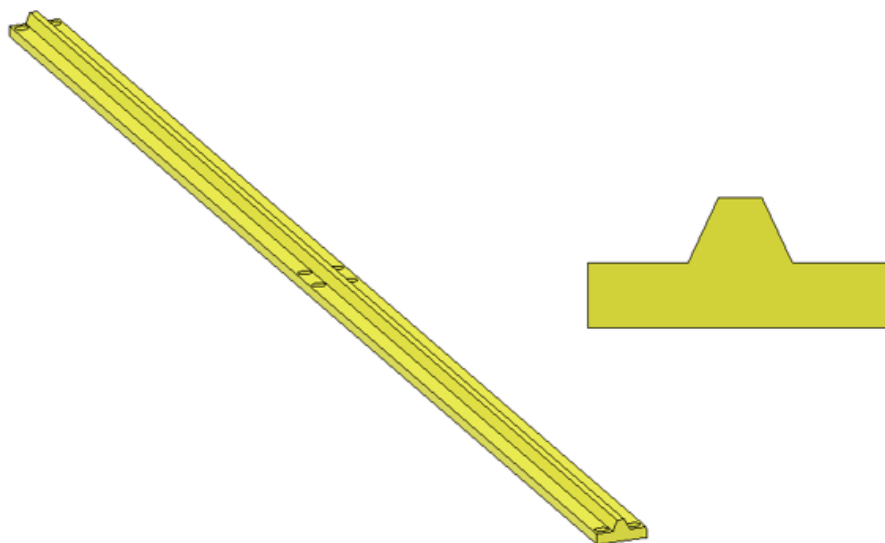
Dále je ve spodní části posuvné hrany umístěna drážka, která slouží k jednoduchému umístění a ustavení vkládacích ohýbacích hran. Drážka je umístěna zepředu kvůli tomu, aby nehrozilo při ohybu její vysunutí, a zároveň je z jedné strany otevřená, aby mohl pracovník vkládací hranu vyjmout bez nutnosti oddálení posuvných hran (což by bylo u kazet problematické). Pro tuto součást je zvolen materiál nástrojová ocel 19 312 a lze ji vidět na obrázku níže (Obrázek 40). Součást bude kalena na 55 HRC a následně popouštěna.



Obrázek 40 Posuvná ohýbací hrana

8.3.3 Vodící lišta

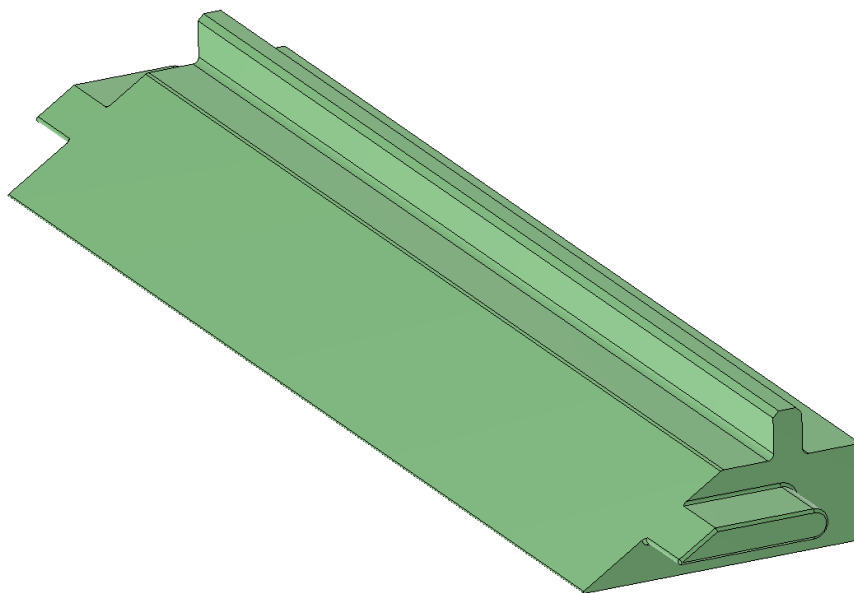
Vodící lišta plní v přípravku důležitou funkci. Díky ní budou zajištěny posuvné hrany proti pootočení. Vodící lišta má jednoduchý obdélníkový profil s lichoběžníkovým výstupkem, který je vyroben tak, že přesně zapadne do horní části posuvných ohýbacích hran. Upnuta bude vodící lišta napevno k držákům pomocí šroubů. Materiál bude stejný jako u posuvné ohýbací hrany, ocel 14 220. Tvar vodící lišty ve dvou pohledech lze vidět na obrázku (Obrázek 41).



Obrázek 41 Vodící lišta

8.3.4 Vkládací ohýbací hrana

Vkládací ohýbací hrana je jediná součást, která není nijak pevně uchycena k přípravku. Profil je shodný s profilem posuvné ohýbací hrany. Tato komponenta je určena k vytvoření hrany mezi posuvnými ohýbacími hranami, okolo které bude probíhat ohýbání plechových kazet. Oba konce této součásti jsou zrcadlově symetrické. Na vrchní části se nachází malý výstupek obdélníkového průřezu, který je zde umístěn z důvodu větší tuhosti v ohybu. Důležitým prvkem této součásti jsou výstupky na bocích připomínajících pero. Vkládací hrana je konstruována tak, že není potřeba ji nijak pevně k přípravku připevňovat. Je však nutné ji přesně ustavit, a k tomu právě slouží tyto výstupky. Ty se vsunou do posuvných ohýbacích hran až na konec. Že je vkládací hrana správně ustavena lze poznat podle toho, že šikmé plochy posuvné a vkládací hrany přesně líčují. Zajištění polohy v příčném směru během ohybu je dáno směrem síly, kterou ohyb vyvolává. V podélném směru není nutné prvek zajišťovat, i kdyby došlo k mírnému posunutí v závitě, tak to kvalitu ohybu neovlivní. Materiálem posuvných ohýbacích hran bude nástrojová ocel 19 312, kaleno na 55 HRC a následné popouštění. Vkládací ohýbací hranu lze vidět na obrázku (Obrázek 42).



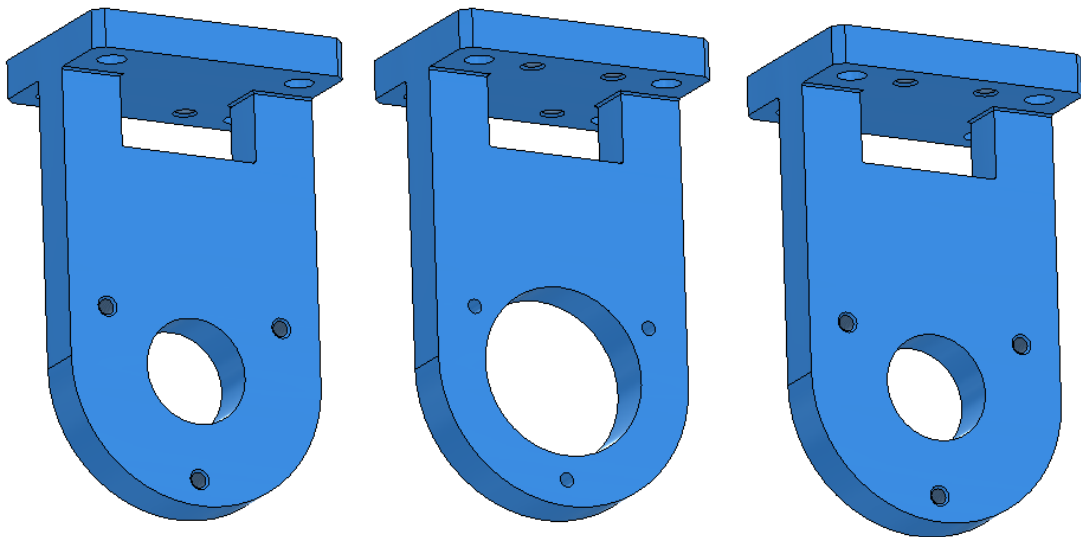
Obrázek 42 Vkládací ohýbací hrana

8.3.5 Držák šroubu

Držáky plní v přípravku několik funkcí. Tou zřejmě nejdůležitější je podepírání a uložení šroubu a s ním i ostatní navazující součásti. Neméně důležitou funkcí je taky připevnění celého přípravku k ruční ohýbačce. Na držáku se nachází několik otvorů – velký otvor pro

šroub, otvor pro vodící lištu, díry k připevnění držáků ke konstrukci ohýbadla pomocí šroubů, díry pro upevnění vodící lišty a díry pro víko.

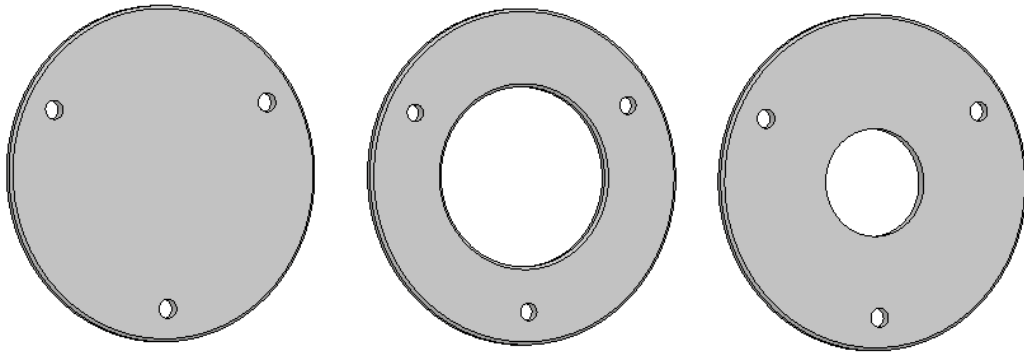
Držáky jsou na přípravku dohromady tři – levý, střední a pravý. Levý a pravý držák je víceméně totožný, liší se pouze v poloze děr pro vodící lištu. Střední držák je odlišný od ostatních dvou zejména velikostí otvoru pro šroub. Ten je větší, jelikož se držák nachází v místě s největším odsazením šroubu. Držáky pro šroub budou vyráběny z materiálu ocel 11 500. Vzhled a rozložení otvorů jednotlivých držáků jsou vidět na obrázku níže (Obrázek 43).



Obrázek 43 Držáky šroubu: zleva levý, střední, pravý

8.3.6 Víka

Poslední nenormalizovanou součástí na přípravku jsou víka. Budou vyrobeny z oceli 11 500. Víka na přípravku slouží k pojištění kluzných ložisek proti vypadnutí a taky brání vniknutí nečistot do oblasti styku ložisek a šroubu. Všechna víka budou připevněna k držákům pomocí třech šroubů a navzájem se liší pouze velikostí otvoru pro šroub. Všechny typy vík lze vidět na obrázku níže (Obrázek 44).



Obrázek 44 Vika

8.3.7 Normalizované součásti

Přípravek se samozřejmě skládá také z několika normalizovaných součástí. Kromě šroubů a matic se zde nachází také ložiska a ovládací kolečko. Konkrétně se na přípravku nachází tyto normalizované komponenty:

- **Ovládací kolečko** SUNAP 356-514-164/16. Hlavní části tohoto prvku jsou vyrobeny z polyamidu a slouží k otáčení šroubu, a tím ovládnutí posuvných ohýbacích hran.
- **Kluzné ložiska** ČSN 9348 V – 16x22x12. Tyto ložiska mají na jednom konci malé odsazení a jsou umístěna do obou bočních držáků. Slouží k uložení šroubu k držákům. Ve středním držáku se potom nachází klasické ložisko bez odsazení s označením ČSN 9348 - 30x35x10.
- **Šrouby** se na přípravku nachází tři druhy. ČSN 4557 - M4x10 – slouží k připevnění vodící lišty k držákům. ISO 7380 - M4x10 – pro připevnění bočních vík k držáku a ČSN 4322 - M3x20 – k připevnění vík ke střednímu držáku.
- **Matic** ČSN 3129 - M3 slouží ke spojení obou vík a středního držáku.

ZÁVĚR

Hlavním tématem této bakalářské práce bylo navrhnout přípravek na ohýbání plechových kazet, který zjednoduší technologický proces výroby fasádních kazet od společnosti H&B delta.

V teoretické části je nejprve čtenář obecně seznámen s technologií tváření a pojmy, které se s touto technologií pojí. Postupně se zaměření literární části zužuje na konkrétní technologii ohýbání. Závěrečná kapitola potom pojednává o systémech lehkých obvodových plášťů, výhodách této technologie v praxi a několika konkrétních typech fasádních kazet.

Smyslem prvního bodu praktické části bakalářské práce bylo seznámit se se současných technologickým postupem výroby fasádní kazety. Byly zde pečlivě popsány jednotlivé stroje a pracovní úkony, které se ve společnosti H&B delta odehrávají.

Druhým bodem praktické části bylo potom navrhnout univerzální přípravek pro zefektivnění technologického postupu výroby. Konkrétně se jedná o poslední operaci, kde je potřeba ohnout bočnice kazety na ruční ohýbačce. Je zde podrobně představen koncept přípravku a všechny jeho podstatné části. Většina prvků je z konstrukčních ocelí, pouze posuvná ohýbací hrana a vkládací ohýbací hrana je z nástrojové oceli. Po namontování přípravku na tělo ohýbačky bude stále možné využívat stávající systém ohýbání pomocí šroubovatelných hran, jen v místech držáků pro šroub nebude možné původní přípravky připevnit. Veškeré prvky přípravku jsou vzhledem k malým silám, které při ohybu působí, dostatečně naddimenzovány (tloušťka kazet obvykle nepřesahuje 1 mm). Odhadovaná cena přípravku, která zahrnuje náklady na materiál, veškeré normalizované prvky a samotnou výrobu, činí zhruba 25 000 Kč. Do ceny je zahrnuta i výroba několika velikostí vkládacích ohýbacích hran.

Přínosem přípravku je zejména zkrácení vedlejších časů výroby. Úspora času se při produkci okolo 3 500 kazet ročně pohybuje přibližně v řádu 30 hodin. Další výhodou tohoto přípravku je zpřesnění ohybu po celé délce kazety, a tím také zlepšení estetické stránky kazety a snížení počtu vadných kusů.

Celý popis přípravku dokreslují fotky z modelu, který byl vytvořen v programu Autodesk Inventor. K návrhu univerzálního přípravku je doložena kompletní výkresová dokumentace včetně výkresu vzorové fasádní kazety.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HLUCHÝ, Miroslav a Jan KOLOUCH. Strojírenská technologie 1. Díl 1, Nauka o materiálu. 3., přeprac. vyd. Praha: Scientia, 2002, 266 s. ISBN 8071832626.
- [2] FRISCHHERZ, Adolf a Paul SKOP, KNOUREK, Jiří, ed. Technologie zpracování kovů. 1, Základní poznatky. 5. vydání. Praha: SNTL, 2004, 268 s. ISBN 8090265553.
- [3] FABÍK, Richard. Tváření kovů. 2012. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2572-4.
- [4] DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 169 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 9788021447479.
- [5] Technologie tváření: Studijní opory pro kombinované studium I. stupeň, 2. ročník CTT-K [online]. Brno: VUT Brno, 2006 [cit. 2021-10-18]. Dostupné z: https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/technologie_tvareni/
- [6] ŘASA, Jaroslav, Václav HANĚK a Jindřich KAFKA. Strojírenská technologie: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel: zásady montáže. 4. Praha: Scientia, 2003, 505 s. ISBN 8071832847.
- [7] Technologie II [online]. Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní [cit. 2021-11-23]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm
- [8] HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. Strojírenská technologie 2. 1. díl, Polotovary a jejich technologičnost. 2., upr. vyd. Praha: Scientia, 2001, 316 s. ISBN 8071832448.
- [9] FOREJT, Milan. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
- [10] Kontrolní přípravky. Artweld-robotics [online]. [cit. 2021-11-26]. Dostupné z: https://artweld-robotics.cz/kontrolni-pripravky/?gclid=CjwKCAiAqIKNBhAIEiwAu_ZLDlahNw-E4ILGIzollmYvhNEGVObTHYLOev9cVoUmcZzbaxLgM3ByeBoCfO8QAvD_BwE

- [11] Lehké obvodové pláště: Výroba a montáž. Hbdelta [online]. 2019 [cit. 2021-11-26]. Dostupné z: https://hbdelta.cz/wp-content/uploads/2019/11/hbdelta_lop_vyroba_a_montaz.pdf
- [12] Lehké obvodové pláště: Příslušenství. Hbdelta [online]. 2020 [cit. 2021-11-26]. Dostupné z: https://hbdelta.cz/wp-content/uploads/2020/05/Katalog_HB-DELTA_LOP_produkty_2020.pdf
- [13] Fasády. KOMA-BRNO [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: https://www.koma-brno.cz/fasady?gclid=Cj0KCQiA15yNBhDTARIsAGnwe0U8QnFvwqEFJkBWlvUst4NIeddUjTc4MswFo87q6AYqe0oZ5Ls99S0aApoiEALw_wcB
- [14] ALTAN, Taylan a A. Erman TEKKAYA. Sheet metal forming: process and applications. Materials Park, Ohio: ASM International, 2012, 1 online zdroj (xiii, 365 p.). ISBN 9781615039883. Dostupné také z: https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSMFPA001/sheet_metal_forming_processes_and_applications
- [15] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. Brno: VUTIUUM, 2010, xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.
- [16] ALTAN, Taylan a A. Erman TEKKAYA. *Sheet metal forming: fundamentals*. Materials Park, Ohio: ASM International, c2012, 1 online zdroj (xiii, 296 p.). ISBN 9781615039876. Dostupné také z: https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSMFF0001/sheet_metal_forming_fundamentals
- [17] LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 3., dopl. vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 8071831646.
- [18] HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. *Metal forming: mechanics and metallurgy*. Fourth edition. New York: Cambridge University Press, 2014, xii, 331 s. ISBN 978-1-107-67096-9.
- [19] ALTAN, Taylan a A. Erman TEKKAYA. *Sheet metal forming: fundamentals*. Materials Park, Ohio: ASM International, c2012, 1 online zdroj (xiii, 296 p.). ISBN 9781615039876.

- [20] ALTAN, Taylan a A. Erman TEKKAYA. Sheet metal forming: process and applications. Materials Park, Ohio: ASM International, 2012, 1 online zdroj (xiii, 365 p.). ISBN 9781615039883.
- [21] Montážní přípravek. Ride4stars [online]. 2022 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://www.ride4stars.cz/montazni-pripravek-technomousse-up-down-kit/>
- [22] Kontrolní přípravky. MESING [online]. 2017 [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://mesing.cz/?page=kontrolni-pripravky&lang=cz>
- [23] Měřicí přípravek. Unimetra [online]. 2022 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <http://www.unimetra.cz/cz/katalog/vyrobky-unimetra/270-pripravek-pro-mereni-vysky-vylisku-s-pritlakem.html>
- [24] Stolní svěrák. Bahco [online]. 2022 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: https://www.bahco.com/cz_cs/stolni-sverak-pb_834v-2_.html

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | | |
|---------------|--|-----|
| atd. | A tak dále | - |
| CNC | Počítačem řízený obráběcí stroj | - |
| R | Poloměr ohybu neutrální osy | mm |
| t | tloušťka materiálu | mm |
| x | součinitel určení polohy neutrální osy | - |
| k | součinitel ohýbání | - |
| L_p | Délka polotovaru | mm |
| l_n | Délka části materiálu | mm |
| l_o | Délka oblouku | mm |
| π | Ludolfovo číslo | - |
| r | Vnitřní poloměr ohybu | mm |
| β | Úhel ohybu | ° |
| α | Úhel sevření | ° |
| b | Šířka ohýbaného profilu | mm |
| l | Vzdálenost podpor | mm |
| R_{mo} | Pevnost v ohybu | MPa |
| ε | Poměrné prodloužení | - |
| f | Součinitel tření | - |
| F | Velikost ohýbací síly | N |
| F_T | Síla k překonání tření | N |
| F_C | Celková síla k ohybu | N |
| R_e | Mez kluzu | MPa |
| LOP | Lehký obvodový plášť | - |
| PVDF | Polyvinylidenfluorid | - |
| TECU | Druh mědi | - |

| | | |
|--------|--------------------------------------|---|
| ACP | Bodnový panel | - |
| PK VK1 | Fasádní kazeta s viditelným kotvením | - |
| PK SK1 | Fasádní kazeta se skrytým kotvením | - |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| <i>Obrázek 1 Zkouška drátu střídavým ohybem [5]</i> | 13 |
| <i>Obrázek 2 Zkouška drátu střídavým ohybem [5]</i> | 13 |
| <i>Obrázek 3 Příklad plošného tváření – tažení [7]</i> | 15 |
| <i>Obrázek 4 Rozložení a velikost napětí materiálu při ohýbání [7]</i> | 16 |
| <i>Obrázek 5 Výpočet délky polotovaru oblouku [6]</i> | 19 |
| <i>Obrázek 6 Odpružení materiálu pro ohyb tvaru V a U [7]</i> | 21 |
| <i>Obrázek 7 Základní části ohýbadla [7]</i> | 22 |
| <i>Obrázek 8 Ohýbací stroj s otočnou deskou [5]</i> | 23 |
| <i>Obrázek 9 Ohýbání válcováním [7]</i> | 23 |
| <i>Obrázek 10 Nástroj pro ohyb přes 90° [7]</i> | 24 |
| <i>Obrázek 11 Příklad technologie ohraňování [7]</i> | 25 |
| <i>Obrázek 12 Příklad technologie lemování [7]</i> | 25 |
| <i>Obrázek 13 Příklad zakružovacích strojů [7]</i> | 26 |
| <i>Obrázek 14 Vliv vláken na ohýbání [7]</i> | 27 |
| <i>Obrázek 15 Příklad montážního přípravku pro přezouvání pláště pneumatik [21]</i> | 30 |
| <i>Obrázek 16 Příklad kontrolního přípravku [22]</i> | 30 |
| <i>Obrázek 17 Příklad měřicího přípravku pro měření výšky [23]</i> | 31 |
| <i>Obrázek 18 Příklad obráběcího přípravku: svěrák [24]</i> | 32 |
| <i>Obrázek 19 Provětrávaná fasáda [11]</i> | 33 |
| <i>Obrázek 20 Příklad ukotvení LOP k nosné konstrukci budovy [11]</i> | 34 |
| <i>Obrázek 21 Ukotvení kazety PK VK1 [12]</i> | 37 |
| <i>Obrázek 22 Ukotvení kazety PK SK1 [12]</i> | 38 |
| <i>Obrázek 23 Příklad vyráběné kazety</i> | 42 |
| <i>Obrázek 24 Fáze výroby kazety</i> | 43 |
| <i>Obrázek 25 Příklad plánu rozložení tvaru kazety na tabuli plechu</i> | 44 |
| <i>Obrázek 26 NC dělicí centrum – odvíjení svitků plechu</i> | 45 |
| <i>Obrázek 27 NC dělicí centrum – rovní vále</i> | 45 |
| <i>Obrázek 28 Vysekávání kazety</i> | 46 |
| <i>Obrázek 29 Simulace ohýbacího cyklu</i> | 48 |
| <i>Obrázek 30 Ohýbání na CNC ohýbače plechu</i> | 48 |
| <i>Obrázek 31 Vzhled kazety (bez bočnic) po první části ohybu</i> | 49 |
| <i>Obrázek 32 Ohyb ruční ohýbačkou</i> | 49 |
| <i>Obrázek 33 Detail upevnění přípravku k ohýbadlu</i> | 50 |
| <i>Obrázek 34 Univerzální přípravek</i> | 52 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Obrázek 35 Univerzální přípravek: detailní přední pohled.....</i> | <i>53</i> |
| <i>Obrázek 36 Univerzální přípravek: detailní boční pohled</i> | <i>53</i> |
| <i>Obrázek 37 Lichoběžníkový rovnoramenný jednochodý závit [17].....</i> | <i>55</i> |
| <i>Obrázek 38 Šroub</i> | <i>55</i> |
| <i>Obrázek 39 Ohýbací hrana na složitější profily kazet</i> | <i>56</i> |
| <i>Obrázek 40 Posuvná ohýbací hrana</i> | <i>57</i> |
| <i>Obrázek 41 Vodící lišta.....</i> | <i>57</i> |
| <i>Obrázek 42 Vkládací ohýbací hrana</i> | <i>58</i> |
| <i>Obrázek 43 Držáky šroubu: zleva levý, střední, pravý</i> | <i>59</i> |
| <i>Obrázek 44 Víka.....</i> | <i>60</i> |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabulka 1 Hodnoty součinitele x</i> | <i>17</i> |
| <i>Tabulka 2 Hodnoty součinitele ohýbání k.....</i> | <i>18</i> |

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

| | |
|-----------|--|
| BP 000/22 | Sestava ohýbacího přípravku s kusovníkem |
| BP 001/22 | Šroub |
| BP 002/22 | Posuvná ohýbací hrana pravá |
| BP 003/22 | Posuvná ohýbací hrana levá |
| BP 004/22 | Vodící lišta |
| BP 005/22 | Vkládací ohýbací hrana |
| BP 006/22 | Držák šroubu střední |
| BP 007/22 | Držák šroubu boční |
| BP 008/22 | Víko střední |
| BP 009/22 | Víko plné |
| BP 010/22 | Víko pravé |
| BP 011/22 | Vzorová kazeta |