

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra materiálu a strojírenské technologie



Bakalářská práce

Povrchová úprava kovů zinkováním

Vojtěch Špaldoň

© 2023/24 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vojtěch Špaldoň

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Povrchová úprava kovů zinkováním

Název anglicky

Surface treatment of metals by galvanizing

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je shromáždit a analyzovat aktuální poznatky o možnostech a limitách povrchové úpravy kovů s důrazem na technologii zinkování. Student se v konkrétním výrobním podniku zaměří na technologii výroby a její vnitřní a vnější ekonomické ukazatele. Na základě závěrů z literárního rozboru předmětné problematiky a poznatků získaných ve výrobním podniku zabývajícím se hutní výrobou stanoví bakalář přínos práce

Metodika

Současný stav řešeného problému (literární rešerše).

Závěry a přínos práce.

Doporučený rozsah práce

cca 40 stran

Klíčová slova

ekonomické ukazatele, povrchová úprava kovů, technologie výroby, zinkování

Doporučené zdroje informací

Časopis: Surface and Coating Technology, Journal of Cleaner Production, Polymers, Materials, Manufacturing Technology, Research in Agricultural Engineering, Journal of Materials Processing Technology, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, International Journal of Fatigue, Wear atd.

DAVIES, G.: Materials for automobile bodies. Oxford: Butterworth – Heinemann, 2003.

Firemní literatura a sborníky z konferencí

KUKLÍK, V., KUDLAČEK, J.: Žárové zinkování. Havlíčkův Brod: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2014.

OETEREN, K.A.: Feuerverzinkung plus Beschichtung = Duplex-System. Wiesbaden : Bauverlag, 1983.

TRACTON, A.A.: Coatings materials and surface coatings. Boca Raton: CRC, 2007.

TRACTON, A.A.: Coatings technology handbook. Boca Raton: CRC Press, 2006.

WOOLLEY, T.: Zinkování a udržitelná výstavba příručka pro uživatele. Ostrava : Asociace českých zinkoven, 2008.

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2023

prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2023

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 03. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Povrchová úprava kovů zinkováním" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.03.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce panu profesorovi Ing. Miroslavu Müllerovi, Ph.D. za pomoc při volbě tohoto tématu a za vedení mé práce. Dále bych rád poděkoval firmě WIEGEL Žebrák žárové zinkování s.r.o. za vřelou spolupráci a poskytnutí informací. Taky bych chtěl poděkovat rodině za pevné nervy a podporu.

Povrchová úprava kovů zinkováním

Abstrakt

Jedná se o literární rešerši z oblasti povrchových úprav pomocí zinkování s poukázáním na možnosti a limity tohoto procesu a shromáždění aktuálních informací o dané problematice. Přínosem práce je seznámení s možnostmi zinkování a jejich předúpravou. Práce čerpá z české literatury, odborných článků, firemní literatury tak i z poznatků získaných v praxi a během konzultací ve firmě.

Práce postupně prochází korozí, skrz úpravy před zinkovacími procesy, zinkovací technologie až po ekonomické ukazatele zvolené firmy a ekologické aspekty zinkování.

V závěru je stanovený přínos práce a její shrnutí.

Klíčová slova: ekonomické ukazatele, povrchová úprava kovů, technologie výroby, zinkování

Surface treatment of metals by galvanizing

Abstract

This is a literature search in the field of surface treatment by galvanizing, pointing out the possibilities and limits of this process and collecting current information on the subject. The contribution of the thesis is the introduction to the possibilities of galvanizing and their pretreatment. The thesis draws on Czech literature, scientific articles, company literature as well as knowledge gained in practice and during consultations in the company.

The work progressively goes through corrosion, through pre-galvanizing treatments, galvanizing technologies to economic indicators of the chosen company and ecological aspects of galvanizing.

At the end the contribution of the thesis and its summary are established.

Keywords: economic indicators, metal surface treatment, production technology, galvanizing

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce a metodika	2
2.1 Cíl práce	2
2.2 Metodika	2
3 Koroze	3
3.1 Druhy korozí u zinkových povlaků.....	3
3.1.1 Rovnoměrná koroze.....	3
3.1.2 Bodová a důlková koroze	4
3.1.3 Bimetalická koroze	4
3.1.4 Selektivní koroze	4
3.1.5 Štěrbinová koroze	4
3.2 Koroze v atmosféře	4
3.2.1 Černohnědé zbarvení	6
3.3 Koroze ve vodě	6
3.3.1 Bílá rez.....	8
3.4 Koroze v půdě	8
3.5 Zinkové povlaky v kontaktu s jinými kovy.....	10
4 Povrchové úpravy před zinkováním	11
4.1 Mechanické úpravy povrchu	11
4.1.1 Broušení	11
4.1.2 Leštění.....	12
4.1.3 Kartáčování.....	12
4.1.4 Otryskávání.....	13
4.1.5 Omílání	14
4.2 Chemické úpravy povrchu	14
4.2.1 Odmašťování.....	14
4.2.2 Moření.....	15
4.2.3 Odrezování.....	15
4.2.4 Elektrochemické leštění.....	16
5 Způsoby zinkování	17
5.1 Galvanické zinkování.....	17
5.2 Žárové stříkání (metalizace).....	18
5.3 Sherardizace	19
5.4 Mechanické zinkování	19
5.5 Nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku.....	20

5.6	Neelektrolyticky nanášené mikrolamelové povlaky zinku	20
5.7	Žárové zinkování.....	21
5.7.1	Suché a mokré zinkování.....	21
5.7.2	Žárové zinkování drobných dílů.....	23
5.7.3	Žárové zinkování ocelového pásu.....	23
5.7.4	Žárové zinkování trubek.....	24
6	Ekonomické aspekty zinkování a jejich výdělečnost ve společnosti.....	25
6.1	Náklady	25
6.1.1	Plyn a zinek.....	25
6.2	Výnosy	27
6.2.1	Cenová tvorba	28
6.2.2	Česko a zahraničí	28
6.3	Konkurence	29
6.4	Odběratelé	29
6.5	Inovace a ekologie.....	30
7	Ekologický dopad zinkování	30
8	Závěr.....	32
9	Seznam použitých zdrojů	33

Seznam obrázků

Obrázek 1	Sřední doba životnosti zinkových povlaků v různých typech vody	8
Obrázek 2	Otryskávání oceli v ochranném obleku.....	13
Obrázek 3	Proces galvanizace	18
Obrázek 4	Proces metalizace	18
Obrázek 5	Suché zinkování	22
Obrázek 6	Mokré zinkování	22
Obrázek 7	Zinkování ocelového pásu.....	24
Obrázek 8	Cena zinku v posledních letech.....	26
Obrázek 9	Cena zemního plynu v posledních letech.....	27
Obrázek 10	Průběh čištění při zinkování.....	31

Seznam tabulek

Tabulka 1	Stupně korozní agresivity v atmosféře	6
Tabulka 2	Rozdělení druhů půdy podle agresivity	9
Tabulka 3	Tržby z prodeje v letech	27
Tabulka 4	Zadluženost podniku v letech	28
Tabulka 5	Tržby v tuzemsku a zahraničí.....	28
Tabulka 6	Porovnání lakování a zinkování.....	29
Tabulka 7	Ekologický profil průměrné spotřeby materiálů na pozinkování tuny oceli.	31
Tabulka 8	Odpadní produkty při pozinkování jedné tuny oceli	31

1 Úvod

S korozí a jejím neustálým vlivem se setkáváme denně. Tento pojem je spojován s neustálou snahou okolního prostředí pozměnit či rozložit materiály v něm se nacházející. Je to neutuchající souboj mezi přírodními zákony, a snahou o to je co nejvíce pozdržet, nebo potlačit pomocí povlakové ochrany.

Pro co největší oddálení rozpadnutí materiálu v důsledku koroze je třeba pochopit co je to koroze a jak působí na materiál. Poté se může zvolit správný a efektivní postup, jak před ní materiály chránit.

Jakmile jsou známy příčiny, následky a rychlost jejího působení na materiál, můžeme začít s ochranou. Jeho ochrana začíná už správným očištěním a přípravou, která přispívá ke správnému přilnutí povlaku na povrch materiálu. Po uvedení do procesu úprav před zinkováním se seznámíme se samotným procesem zinkování a jeho způsoby aplikace na povrch. Dozvíme se jaký způsob zvolit na základě velikosti, kvality a tloušťky povlaku, který je požadován.

Dále se dozvíme, jaký vliv mají zinkovací procesy na životní prostředí už od extrakce zinku z rudy až po likvidaci kyselin používaných při zinkování oceli. Dostaneme se také k ekonomickým aspektům, které byly získány ve firmě WIEGEL Žebrák žárové zinkování s.r.o. (dále jen WIEGEL), a jeho ekonomickým ukazatelům od nákladů až po prodej žárově pozinkované oceli.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je shromáždit a analyzovat aktuální poznatky o možnostech a limitách povrchové úpravy kovů s důrazem na technologii zinkování. Student se v konkrétním výrobním podniku zaměří na technologii výroby a její vnitřní a vnější ekonomické ukazatele. Na základě závěrů z literárního rozboru předmětné problematiky a poznatků získaných ve výrobním podniku zabývajícím se hutní výrobou stanoví bakalář přínos práce.

2.2 Metodika

Základní informace byly nalezeny pomocí klíčových slov v příručkách, normách, časopisech, odborné literatuře a na stránkách firem. Následně tato slova byla rozšířena o další varianty z důvodu popsání více metod zinkování a jejich hlubšímu porozumění. Práce vychází zejména z více zdrojů z důvodu spousty variant zinkování a předúprav povrchu.

Koroze byla popsána především z časopisů a jako inspirace byla brána i bakalářská práce a osobní zkušenosti s bílou rží a korozí u sádrokartonových profilů. Informace o povrchových úpravách jsou čerpány z více zdrojů z důvodu popsání každé metody podrobněji.

Samotné zinkování je sestaveno zejména pomocí odborné literatury, zkušeností se zinkováním naučeném ve škole a v praxi a konzultací s odborníky na zinkovací procesy ve firmě se tím zabývající.

Ekologické ukazatele jsou čerpány především z odborné literatury, příruček a konzultovány s odborníkem. Ekonomické hledisko je výsledkem návštěvy firmy na žárové zinkování a převedením jejich nákladů, výnosů a dalších aspektů do bakalářské práce.

3 Koroze

Korozi podléhají téměř všechny druhy materiálů od anorganických materiálů jako sklo a beton, tak i materiály organické jako pryž a plasty. Výjimku netvoří ani kovy a jejich slitiny. Koroze významně zasahuje do ekonomických stránek společností, díky svému neustálému vlivu prostředí. Z tohoto důvodu se zaměříme na jevy, co koroze způsobuje a na možnosti a limity, jak těmto jevům předejít. Koroze se projevuje změnami vlastností daného materiálu. Zhoršuje mechanické vlastnosti, způsobuje křehnutí materiálu, změnu vzhledu, tvaru a rozměrů, praskání materiálu a snižuje jeho životnost. V extrémních případech může dojít až k úplnému rozpadu materiálu. To je způsobeno vznikem oxidů železa, které mají vlastnosti zcela jiné než materiál původní. [1]

Korozi existuje celá řada a každá z nich má na materiál jiné účinky, a to v závislosti na prostředí ve kterém se materiál nachází. Z důvodů prodloužení životnosti, estetičnosti a funkčnosti materiálu se snažíme materiál před korozi chránit zinkovými anebo jinými protikorozními opatřeními, které mají ovšem také svoje omezení a druhy korozi je napadající. Tyto druhy jsou dále detailně popsány v následující podkapitole.

3.1 Druhy korozi u zinkových povlaků

Během prvních let koroduje vnější vrstva povlaku, známá také jako η -fáze, která je tvořena 100 % zinkem. Po zkorodování η -fáze začnou korozi ostatní fáze s obsahem železa, kde rychlost jejich koroze je nižší než u samotného zinku.[2] Rovnoměrná koroze znamená nejpříznivější možnost pro materiál, ale ne vždy k ní dojde a může se objevit druh koroze, který snižuje životnost o poznání rychleji. Tyto druhy nežádoucích korozi lze rozdělit do několika skupin.

3.1.1 Rovnoměrná koroze

Jedná se o úbytek protikorozi povlaku na celé jeho ploše, tento druh koroze je nejpříznivější. Na začátku je koroze povlaku rychlejší a s postupem času se zpomaluje, proto se v životnosti počítá s průměrnou rychlostí koroze. [3][4]

3.1.2 Bodová a důlková koroze

Je to lokální vznik koroze, při které vznikají na povrchu hluboké důlky a koroze proniká až k základnímu materiálu. Je to nežádoucí jev, který výrazně snižuje životnost. Vzniká zejména v místech s obsahem anionu chloridového. Při rozšíření koroze může dojít k odstavení konstrukce. [3][4]

3.1.3 Bimetalická koroze

Vzniká v důsledku dotyku pozinkované vrstvy s další kovovou součástí. Jako příklad z praxe může být uvedeno zatlučení hřebíku do pozinkovaného plechu. K prevenci vzniku koroze lze též využít podložek z pryže či polymeru. [3][4]

3.1.4 Selektivní koroze

Vzniká pouze v materiálech, který se skládá ze dvou a více fází, přičemž koroze napadá jen jednu z nich, druhá zůstává nedotčená. Selektivní koroze může napadat materiál rovnoměrně nebo lokálně. [3][4]

3.1.5 Štěrbinová koroze

Štěrbinová koroze je podobná bodové, vzniká v kapilárách, štěrbinách a v místech kde je odděleno malé množství kapaliny například mezi plechy, pod podložkami těsněními. Tento druh koroze je podpořen přítomností fluoridových a chloridových iontů. Oba tyto ionty se mohou nacházet v použitých těsnících materiálech.[3][4]

Kromě druhů koroze napadající ocel je koroze každého materiálu podpořena, či utlumena prostředím ve kterém se nachází. Vliv prostředí na materiál hraje jednu z hlavních rolí při rychlosti koroze a jeho účinků. Prostředí může být od málo agresivního až po extrémně nehostinné. Může se nacházet v kapalině nebo atmosféře, která je také nejvíce zastoupená.

3.2 Koroze v atmosféře

Atmosférická koroze nebo atmosférická oxidace se vyskytuje nejvíce ze všech korozních prostředí. Projevuje se, když materiály reagují s chemickými složkami vzduchu, zejména s kyslíkem a vlhkostí, což vede k degradaci materiálu. Tento jev má široké důsledky v mnoha odvětvích, včetně stavebnictví, dopravy, energetiky a průmyslu. [1][2]

Atmosférická koroze je obzvláště významná u kovů, jako je železo a jeho slitin, které mají tendenci oxidovat a vytvářet vrstvu rzi na povrchu. Koroze může snížit pevnost a trvanlivost materiálu, což může vést k poruchám a selháním konstrukcí a zařízení. Důsledky atmosférické koroze jsou ekonomicky významné, protože vyžadují opravy, údržbu a výměnu poškozených materiálů a komponentů. [1][5]

Příčiny atmosférické koroze jsou komplexní a zahrnují chemické, fyzikální a environmentální faktory. Hlavními faktory jsou kyslík, vlhkost, teplota a znečištění ovzduší, které celkově jako agresivitu prostředí můžeme dělit na několik stupňů, jak lze vidět v *Tabulce 1* níže. Kyslík reaguje s povrchem kovu a vytváří oxidaci, zatímco vlhkost a teplo zvyšuje rychlost reakce. Znečištěné ovzduší, jako jsou průmyslové emise a chemické látky ve vzduchu, může také zvýšit agresivitu prostředí a urychlit korozi.[2][5]

Existuje několik typů atmosférické koroze, včetně univerzální koroze, která postihuje většinu kovů, a selektivní koroze, která ovlivňuje určité typy kovů a slitin. Koroze může být také povrchová nebo hloubková, podle toho, zda se vyskytuje pouze na povrchu materiálu nebo proniká do vnitřních vrstev. [1][2]

Prevence atmosférické koroze je klíčová pro zachování trvanlivosti materiálů a zařízení. Jedním z nejběžnějších způsobů prevence je použití ochranných nátěrů a povlaků, které chrání povrch materiálu před působením kyslíku a vlhkosti. Dalšími metodami jsou použití korozivzdorných slitin, kde jsou materiály speciálně navrženy tak, aby odolávaly atmosférické korozi, a katodická ochrana, která využívá elektrochemických procesů k ochraně kovových povrchů. [1][2][5]

Výzkum v oblasti atmosférické koroze pokračuje s cílem vyvinout účinnější metody prevence a léčby koroze a snížit tak její ekonomické a environmentální dopady. To zahrnuje studium chování materiálů ve specifických prostředích, vývoj nových ochranných technologií a monitorování stavu a pokroku koroze pomocí moderních analytických metod a senzorů.

Celkově lze říci, že atmosférická koroze je vážný problém s širokými důsledky pro různá odvětví a společnost jako celek. Prevence a řešení tohoto jevu jsou důležité pro zachování infrastruktury, zařízení a ekonomické stability.

Tabulka 1 Stupně korozní agresivity v atmosféře [6]

Stupeň	Korozní agresivita	Korozní úbytek u oceli	Korozní úbytek u zinku
C1	Velmi nízká	Méně než 1,3	Méně než 0,1
C2	Nízká	1,3 až 25	0,1 až 0,7
C3	Střední	25 až 50	0,7 až 2,0
C4	Vysoká	50 až 80	2,0 až 4,0
C5	Velmi vysoká	80 až 200	4,0 až 8,0
CX	Extrémní	80 až 200	8,0 až 25,0

3.2.1 Černohnědé zbarvení

Černohnědé zbarvení je jedním z projevů koroze v atmosféře kdy, křemíkem uklidněné oceli s vysokým obsahem slitinových fází železo – zinek se můžou po určité době vystavení zbarvovat do černohnědé barvy, která se s dobou prohlubuje. Fáze železo – zinek při korozi uvolní železo a pomocí vzdušné vlhkosti a dešťové vody začne reznout. Výrazné černohnědé zbarvení je známka toho, že korozní ochrana je snižena, či není vůbec žádná. [7]

Slitiny tvořené ze zinku a železa mají vyšší korozní ochranu než samotný zinek, a to téměř o 30 %. V některých případech může být černohnědé zbarvení oceli esteticky nežádoucí, zejména pokud se jedná o povrchy, které jsou veřejně viditelné nebo mají estetický význam. V těchto případech je důležité používat materiály a technologie, které minimalizují riziko zbarvení a zachovávají vzhled a kvalitu povrchu oceli. [7]

V případě přítomnosti černohnědé zbarvení ho lze zakrýt nátěrem. Tepelné zpracování oceli může také ovlivnit její barvu. Například při žihání nebo kalení může docházet k oxidaci povrchu v důsledku vystavení materiálu vysokým teplotám. Tento proces může způsobit tvorbu oxidů železa, které mohou zbarvit povrch oceli do černohnědých odstínů.

3.3 Koroze ve vodě

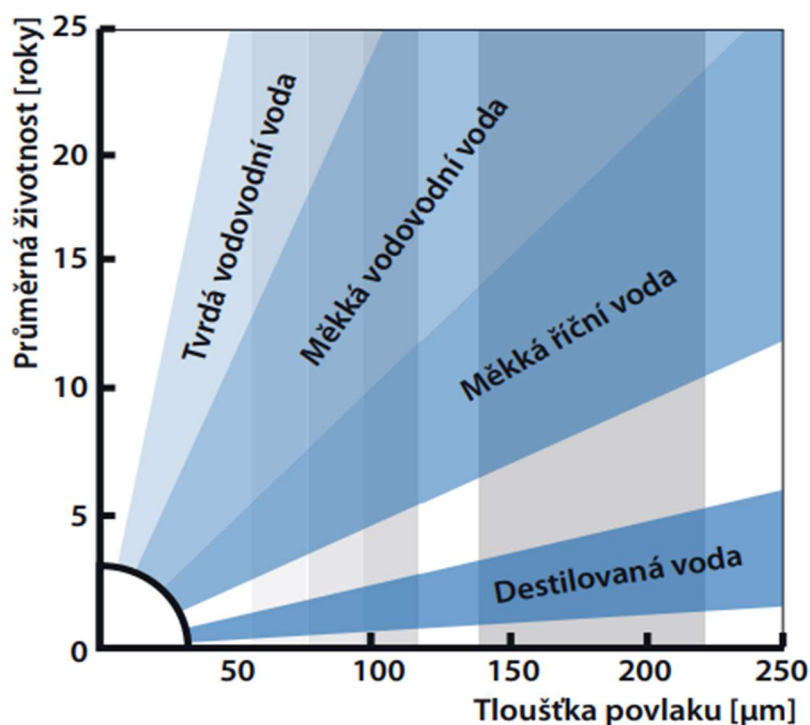
Koroze ve vodě, známá také jako vodní koroze, je další z častých korozních prostředí. Ve vodním prostředí je proces degradace materiálů způsobený jejich reakcí s vodou a chemickými složkami v ní rozpuštěnými. Tento jev má významné důsledky v mnoha oblastech, včetně infrastruktury, vodních systémů, lodní dopravy a průmyslu. Koroze ve vodě může způsobit vážné poškození materiálů a zařízení a vyžaduje opatření k prevenci a řízení. [9][10]

Hlavními faktory, které ovlivňují korozi ve vodě, jsou chemické složení vody, teplota, tlak, průtok a povrch materiálu. Rozpuštěné látky ve vodě, jako jsou chloridy, sulfáty a uhličitany, mohou zvýšit agresivitu vody a urychlit korozi materiálů. Teplota a tlak mohou ovlivnit rychlost reakcí, zatímco průtok vody může ovlivnit koncentraci rozpuštěných látek a interakci s povrchem materiálu. Povrch materiálu hraje klíčovou roli v procesu koroze, protože je místem, kde probíhají chemické reakce. [8][9]

Existuje několik typů koroze ve vodě, včetně korozního účinku vody, který je způsoben reakcí s rozpuštěnými látkami ve vodě, a elektrochemické koroze, která vzniká v důsledku elektrochemických procesů na povrchu materiálu. Dalším typem koroze ve vodě je mikrobiální koroze, která je způsobena aktivitou mikroorganismů, jako jsou bakterie a řasy, které mohou produkovat agresivní chemikálie nebo vytvářet biofilm na povrchu materiálu. [9]

Prevence koroze ve vodě je klíčová pro zachování integrity materiálů a zařízení. Jedním z hlavních opatření je použití korozivzdorných materiálů, jako jsou nerezové oceli, plasty a speciálně upravené povlaky například zinkové, u kterých lze spatřit průměrnou dobu životnosti na *Obrázku 1* níže, který chrání povrch před účinky vody. Dalším opatřením je katodická ochrana, která využívá elektrochemických procesů k ochraně povrchů materiálů. [8][10]

Výzkum v oblasti koroze ve vodě se zaměřuje na vývoj nových materiálů a technologií pro prevenci koroze, monitorování stavu materiálů, zařízení a vývoj sofistikovaných metod řízení a oprav. To zahrnuje studium chemických reakcí ve vodě, interakci mezi mikroorganismy a materiály, a vliv environmentálních faktorů na procesy koroze. Jedním ze speciálních projevů koroze u zinkových povlaků je bílá rez.



Obrázek 1 Střední doba životnosti zinkových povlaků v různých typech vody [7]

3.3.1 Bílá rez

Bílá rez vzniká na povrchu zinkového povlaku, je tvořena solemi na bázi oxidu zinku. Vzniká zejména špatným uskladněním materiálu, na kterém se za nedostatečného přístupu vzduchu shromažďuje zkondenzovaná nebo dešťová voda. Zabránění tvorbě další rzi lze docílit osušením a zajištěním přístupu vzduchu k místu napadení. Zbylou bílou rez je možné mechanicky nebo chemicky odstranit. Tento druh rzi představuje pouze kosmetickou vadu výrobku a nedochází zde ke snížení protikorozi ochrany. Podle ČSN EN ISO 1461 není výskyt bílé rzi důvodem k reklamaci.[11]

Prevencí a ochranou před tvorbou bílé rzi je uskladnění materiálu v suchém prostředí s přístupem vzduchu. Ideální je proto používat například dřevěné kolíky, které se vloží mezi uskladněný materiál.

3.4 Koroze v půdě

Dalším korozním prostředím je půda, známá také jako půdní korozní procesy. Představuje rozklad materiálů v půdním prostředí v důsledku chemických, biologických a fyzikálních interakcí. Tento jev má důležité důsledky pro zemědělství, stavebnictví, environmentální ochranu a další oblasti lidské činnosti. [7]

Půdní koroze může postihnout různé materiály, včetně kovů, betonu, dřeva a plastů. Hlavními faktory ovlivňujícími proces půdní koroze jsou vlhkost, kyselost půdy, teplota, přítomnost organických látek a mikroorganismů. Dalším z faktorů rychlosti koroze je druh půdy, protože každá půda má svoji vlastní agresivitu, jak je uvedeno v *Tabulce 2* níže. Vlhkost půdy zvyšuje rychlost chemických reakcí a urychluje korozi materiálu, zatímco kyselost půdy může zvýšit agresivitu prostředí vůči některým materiálům. [7]

Korozi v půdě lze rozdělit do několika kategorií včetně koroze kovových materiálů, betonové koroze, dřevokaze a koroze plastů. Kovové materiály, jako je železo a ocel, jsou náchylné k rzi a dalším formám korozních útoků. Zatímco beton může být poškozen agresivními chemikáliemi ve vlhké půdě, dřevo může být poškozeno houbami a bakteriemi přítomnými v půdě a plastové materiály mohou být citlivé na působení slunečního záření nebo chemických látek. [12]

Prevence půdní koroze zahrnuje použití korozivzdorných materiálů, ochranných povlaků a nátěrů, drenážních systémů, správného designu a konstrukce. Například korozivzdorné slitiny mohou být použity pro konstrukci podzemních potrubí a konstrukcí v půdním prostředí. Ochranné povlaky a nátěry mohou chránit povrchy kovů a betonu před působením vlhkosti a chemikálií. Drenážní systémy mohou snížit vlhkost půdy a tím minimalizovat podmínky pro korozi. [13] [14]

Výzkum v oblasti půdní koroze se zaměřuje na porozumění procesům koroze v půdním prostředí, vývoj nových materiálů odolných vůči půdní korozi a optimalizaci preventivních opatření pro ochranu infrastruktury a životního prostředí. Zahrnuje studium chemických reakcí, interakcí mezi mikroorganismy a materiály a vlivu environmentálních faktorů na procesy koroze.

Tabulka 2 Rozdělení druhů půdy podle agresivity[7]

Druh půdy	Agresivita
Vápencová, vápencový slín, morénová, pískovcový slín	Malá
Písčítá, štěrkovitá	Střední
Jílovitá, rašelinná, slatinná, bohatá na humus	Velká

3.5 Zinkové povlaky v kontaktu s jinými kovy

Jako jednu z možností ochrany před korozi ve všech výše uvedených oblastech lze řadit zinkové povlaky, avšak je důležité dbát na limity jeho použití v kombinaci s jinými kovy, protože pokud zinkový povlak přijde do styku s jiným druhem kovu a je zde významný rozdíl elektrochemických potenciálů těchto dvou kovů, tak může dojít v prostředích s vyšší korozní agresivitou k bimetalické korozi. Ta způsobuje lokální zvýšení korozní rychlosti a přispívá ke zrychlenému úbytku zinkové vrstvy. Tomuto jevu lze zabránit použitím nevodivých mezivrstev tvořených například z pryže či plastu. [7]

V atmosféře s nízkou agresivitou může dojít ke spojení hliníku či korozivzdorné oceli s pozinkovaným materiálem bez toho, aniž se zvýšila korozní rychlost. Musí se ale dbát na to, aby plocha katody nebyla větší než plocha anody. Ve vodě je vždy nutno využít ionizační mezivrstvy. [7]

Měď a jeho slitiny vždy vyvolají bimetalické napadení pozinkované vrstvy, protože mají vyšší elektrochemický korozní potenciál. Z tohoto důvodu by tyto kovy neměly nikdy přijít do styku s pozinkovaným materiálem. Dokonce i ionty mědi stékající na povrch pozinkované součástky způsobí tento druh korozního napadení. [7]

Celkově lze říci, že zinkové povlaky jsou velmi užitečné v boji proti korozi, dokud nejsou vystaveny bimetalickému napadení, kde se její korozní ochrana ztrácí mnohonásobně rychleji. Avšak před použitím ochrany pomocí zinkového povlaku se musí povlak na oceli nejprve vytvořit, přičemž tvorba povlaku má několik fází, první z nich je úprava a čištění materiálu pomocí povrchových úprav.

4 Povrchové úpravy před zinkováním

Protože povrch materiálů zpravidla není připraven pro okamžité použití musí se pomocí povrchových úprav docílit vhodné kondice povrchu k pozinkování. Díky těmto úpravám se lze zbavit koroze, zbytků olejů a okují po svařovacím procesu. Dělí se na dvě základní části, a to na mechanické úpravy povrchu a chemické úpravy povrchu.

4.1 Mechanické úpravy povrchu

Mechanické úpravy povrchu před zinkováním jsou jedny ze základních druhů povrchového čištění, patří mezi ně například broušení, leštění, kartáčování a další, které jsou posléze v následujících podkapitolách popsány podrobněji. Je zde použita hrubá síla pro očištění a zkvalitnění povrchu. Při tomto procesu je snahou docílit jakosti povrchu tak, aby byl vhodný na další použití. Této jakosti se může docílit očištěním povrchu pro její lepší přilnavost, odstranění nečistot z povrchu, mechanických zlepšení vlastností materiálu, zvýšení estetičnosti povrchu, přípravou pro zlepšení odolnosti proti korozi a otěru. [15]

Výběr správné metody úpravy povrchu závisí na konkrétních požadavcích následného použití a typu materiálu. Je důležité dodržovat správný postup pro dosažení požadované kvality a bezpečnostní podmínky pro minimalizaci rizik úrazů na pracovišti.

4.1.1 Broušení

Broušení oceli je jednou ze základních mechanických úprav, který se používá k dosažení hladkého a rovnoměrného povrchu oceli. Broušení se provádí pomocí brusných materiálů, jako jsou brusné kotouče nebo brusné pásy, které odstraňují materiál z povrchu oceli. Existují různé metody broušení, včetně ručního broušení, strojového broušení a CNC broušení. [16]

Ruční broušení se obvykle provádí pomocí brusných bloků nebo brusných kotoučů, které jsou poháněny ručně. Tato metoda je vhodná pro menší kusy oceli nebo pro úpravy povrchů s menšími požadavky na přesnost. [17]

Strojové broušení se provádí pomocí speciálních brousících strojů, které umožňují rychlé a přesné broušení oceli. Tato metoda se často používá při výrobě průmyslových součástí nebo při opravách ocelových konstrukcí. [16][17]

CNC broušení je nejmodernější metodou broušení, která využívá počítačově řízené stroje k dosažení extrémní přesnosti a opakovatelnosti. Tato metoda je ideální pro výrobu složitých součástí s přesnými rozměry a povrchovými úpravami. [17]

Broušení oceli má mnoho výhod, včetně zlepšení povrchu, odstranění ostrých hran a úpravu rozměrů. Navíc může být broušení použito k odstranění povrchových vad nebo k dosažení specifických tolerancí. Pro správné provedení broušení je důležité použít správné brusné materiály a dodržovat správné postupy broušení.

4.1.2 Leštění

Mezi další metody mechanické úpravy lze zařadit leštění, které se používá k dosažení lesklého a zrcadlového povrchu oceli. Toho se obvykle dosahuje pomocí brusných materiálů, jako jsou brusné pasty, brusné papíry nebo brusné kotouče. Průběh leštění začíná odstraněním hrubých nepravidelností a vad z povrchu oceli. Poté se postupně používají jemnější brusné materiály, aby se dosáhlo požadovaného lesku. [16]

Pro leštění oceli se často používají rotační nástroje, jako jsou lešticí stroje nebo elektrické brusky s lešticími kotouči. Ty umožňují rychlé a efektivní leštění s minimálním úsilím. Některé pokročilejší metody leštění zahrnují použití ultrazvukového leštění nebo elektrochemického leštění, které umožňují dosažení ještě vyššího lesku a rovnoměrnějšího výsledku.[17]

Leštění oceli má několik výhod. Kromě estetického vylepšení povrchu pomáhá i zlepšit korozní odolnost a odolnost proti opotřebení. Lesklý povrch také usnadňuje čištění a udržování materiálu. [16][17]

Pro dosažení optimálního výsledku je důležité používat správné brusné materiály a dodržovat správné postupy leštění. V neposlední řadě je nutné dbát na bezpečnostní opatření, jako je používání ochranných brýlí a rukavic, aby se minimalizovalo riziko úrazu při manipulaci s lešticími materiály a nástroji.

4.1.3 Kartáčování

Kartáčování oceli je méně používaný, avšak jednoduchý proces, který se používá k čištění, odstraňování nečistot a povrchové úpravě oceli. Provádí se pomocí kartáčů, které jsou vyrobeny z různých materiálů, jako jsou ocelové dráty, nylonové štětiny nebo abrazivní materiály. Kartáčování lze provádět ručně pomocí ručních kartáčů nebo strojově pomocí kartáčovacích strojů. [16]

Při kartáčování se kartáče pohybují proti povrchu oceli s různou intenzitou a tlakem, což umožňuje odstranění nečistot, rezavých skvrn, starého povlaku nebo jakýchkoli nežádoucích materiálů. Tento proces také pomáhá vytvořit rovnoměrný povrch a zlepšuje adhezi pro další povrchové úpravy, jako je nátěr nebo povrchová úprava. [16]

Kartáčování oceli má několik výhod. Pomáhá odstranit povrchové nečistoty a rez, což zlepšuje vzhled a estetiku oceli. Tím také zlepšuje její odolnost proti korozi a prodlužuje její životnost. Díky kartáčování lze dosáhnout různých textur a povrchových efektů, což umožňuje vytvořit unikátní vzhled pro různé užití.

Je důležité používat správné kartáče a vhodné techniky kartáčování pro konkrétní typ oceli a požadovaný výsledek. Bezpečnostní opatření, jako je nošení ochranných brýlí a rukavic, jsou také důležité, aby se minimalizovalo riziko úrazu při manipulaci s kartáči a stroji.

4.1.4 Otryskávání

Otryskávání (nebo také tryskání či pískování) je opracování povrchu materiálu pomocí abrazivních částic, které jsou velkou rychlostí vrhány na materiál, jak je uvedeno níže na *Obrázku 2*. Pomocí otryskání se odstraní starý nátěr, nečistoty nebo koroze a má za výsledek zdrsnění povrchu a jeho přípravu k zinkování či lakování. Otryskávat lze různým typem abraziva, a tak lze docílit odlišných hrubostí materiálu. Díky širokému výběru abraziv je možno v dnešní době otryskávat téměř každý povrch, avšak musí se dbát na případné riziko poškození u součástek s funkční plochou, jako jsou například ložiska či závity, a proto je vhodné tato riziková místa chránit speciální páskou nebo ořeruvzdornou pryží.[18]

Kvůli možnosti rizika expozice abrazivnímu materiálu a vzniku prachu, který může být zdraví škodlivé, je důležité dbát na bezpečnostní pokyny a opatření při provádění otryskávání.



Obrázek 2 Otryskávání oceli v ochranném obleku [19]

4.1.5 Omílání

Omílání se používá pro zaoblení stran, vyhlazení povrchů, odstranění ostřin, okují a k povrchovému zpevňování za pomoci omílacích tělísek (dřevěných, keramických, plastových) a leštících past po lití, lisování a obrábění. Tato technologie je vhodná pro povrchovou úpravu zejména velkých sérií drobných součástek nebo pro součástky se složitějším tvarem.[20] Zároveň nahrazuje dvě technologie současně, a to broušení a leštění.[21]

V průběhu omílání oceli je důležité dodržovat přísné normy a standardy kvality, aby se zajistilo, že výsledný produkt bude splňovat požadavky daného průmyslu nebo aplikace. To zahrnuje kontrolu tloušťky, rozměrů, povrchového zpracování a mechanických vlastností.

4.2 Chemické úpravy povrchu

Další z části povrchových úprav je chemická úprava povrchů, která umožňuje modifikaci vlastností materiálů na jejich povrchu. Existuje několik metod, které lze použít k dosažení požadovaných úprav. Jednou z nejběžnějších metod je povrchová úprava, která zahrnuje aplikaci tenkých vrstev nebo povrchovou oxidaci. Tyto metody umožňují zlepšit adhezi mezi povrchem a nanesenou vrstvou, což je klíčové pro mnoho aplikací, jako jsou povrchové úpravy elektronických součástek nebo povrchové úpravy povrchů kovů pro ochranu proti korozi.

Dalším důležitým procesem chemické úpravy povrchů je čištění. Čištění povrchů je nezbytné pro odstranění nečistot a kontaminantů, které by mohly ovlivnit vlastnosti materiálu nebo jeho schopnost reagovat s jinými látkami.

Výběr správné metody chemické úpravy povrchů závisí na konkrétních požadavcích aplikace a vlastnostech materiálu. Je důležité pečlivě zvážit všechny faktory, včetně životnosti, odolnosti a nákladů, aby byla zvolena optimální metoda pro danou aplikaci. Pro lepší specifikaci povrchových úprav je následující text rozdělen na několik podkapitol.

4.2.1 Odmašťování

Jedna ze základních a nezbytných metod. U této metody povrchové úpravy před zinkováním je účel odstranit všechny nečistoty, mastnoty, která brání rozpouštění oxidů železa na povrchu materiálu při dalších procesech povrchových úprav. Odmašťování se provádí v lázních se silně alkalickými solemi a činidly. Tento proces probíhá za teploty mezi 60 a 90 °C. [22]

Zde je důležitá pečlivost, protože každý zbytek mastnoty může negativně ovlivnit další procesy. Dále je potřeba volit správné odmašťovací chemikálie a dodržovat bezpečnou manipulaci s nimi pro minimalizaci rizika a kontaminace materiálu. Tato metoda je šetrná k životnímu prostředí, protože většinou nevyžaduje použití agresivních chemikálií.

4.2.2 Moření

Moření (také známé jako odkujování) je máčení materiálu v lázni s kyselinovým roztokem, který slouží k odstraňování okují, rzi a dalších nečistot. Mezi nejčastěji používané typy mořidel patří kyselina chlorovodíková (HCl), kyselina sírová (H₂SO₄), kyselina fosforečná (H₃PO₄) a hydroxid sodný (NaOH). Každé mořidlo má své vlastní vlastnosti a použití, a je vybráno v závislosti na požadovaných vlastnostech oceli a konkrétním využití.

Kromě pozitivních vlastností má moření i vlastnost negativní, a to rozkládat čisté železo z povrchu materiálu za vzniku vodíku, kromě naleptávání materiálu může i vzniklý vodík pronikat do materiálu a zhoršovat jeho mechanické vlastnosti, které se souhrnně nazývají vodíková křehkost. Tuto vlastnost lze omezit přidáním inhibitoru, který přilne na povrch oceli a tím značně zpomaluje další rozpouštění železa.[23] Správná volba mořidla a optimalizace provozních podmínek jsou klíčové pro dosažení požadovaných výsledků a maximální účinnosti procesu moření oceli.

4.2.3 Odrezování

Méně používané je odrezování. Proces spočívá v odstraňování oxidu železa, známého jako rez, z povrchu oceli. Rez vzniká vlivem expozice kyslíku a vlhkosti a může snížit pevnost a odolnost materiálu. Existuje několik metod odrezování, včetně mechanického odstraňování, chemického odstraňování a použití speciálních odrezovacích prostředků. [24]

Mechanické odstraňování rezu zahrnuje použití nástrojů, jako jsou kartáče, brusné kotouče nebo pískování, k odstranění oxidovaných vrstev z povrchu oceli. Tato metoda je účinná pro hrubé nebo tlusté vrstvy rezu, ale může být náročná na fyzickou práci a může způsobit poškození povrchu oceli. [25]

Chemické odstraňování rezu se provádí pomocí kyselin nebo alkalických roztoků, které reagují s rezem a rozpouštějí ho z povrchu oceli. Tento proces je obvykle efektivní pro tenké vrstvy rezu a umožňuje dosáhnout rovnoměrného odstranění rezu z celého povrchu. Je důležité dodržovat bezpečnostní opatření při manipulaci s chemikáliemi a ochranná opatření pro ochranu pokožky a očí. [26]

Odrezovací prostředky jsou speciálně formulované látky, které se aplikují na povrch oceli a reagují s rezem, čímž jej rozpouštějí a usnadňují jeho odstranění. Tato metoda je obvykle šetrnější k materiálu než mechanické odstraňování a méně agresivní než jiné chemické odstraňování. [24] [26]

Správné odrezování oceli je důležité pro zajištění kvality a pevnosti výsledného výrobku. Volba vhodné metody odrezování závisí na tloušťce a povaze rezu, požadovaném výsledku a dostupných zdrojích. Důkladné čištění a odmašťování po odrezování je důležité pro odstranění zbytků rezu a zachování čistoty povrchu oceli.

4.2.4 Elektrochemické leštění

Elektrochemické leštění je obrácený proces galvanizace, na který se blíže podíváme v možnostech nanášení zinkových povlaků. V elektrolytu se za vystavení stejnoměrnému proudu připojí leštěný materiál na anodu. Z anody je rozpouštěn zoxidovaný kov na povrchu, který poté přechází do elektrolytu a na katodu. Úbytek materiálu je regulován pomocí zvoleného typu elektrolytu, doby trvání leštění a proudové hustoty. [27]

Výhodou této metody je úplné ponoření oceli, což zajišťuje očištění součástek složitých tvarů, a to i v dutinách či štěrbinách. Za dodržení správného postupu tato metoda zajišťuje vysokou lesklost povrchu rovnoměrnost povrchu. Při správné manipulaci lze docílit snadné opakovatelnosti procesu s konzistentními výsledky i při velkosériovém čištění.

Po adekvátně zvolených úpravách povrchu, pomocí kterých jsme docílili připravenosti materiálu na proces pozinkování lze s tímto procesem začít při zvolení nejlepšího způsobu pro dosažení požadovaných vlastností.

5 Způsoby zinkování

Zinkování lze provádět mnoha způsoby. Řadí se mezi ně žárové zinkování, elektrolytické (galvanické) zinkování, žárové stříkání (metalizace), sherardizace, mechanické zinkování, nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku, neelektrolytické nanášené mikro lamelové povlaky zinku. Každá metoda zinkování má své vlastní výhody a nevýhody a volba vhodného typu zinkování není jednoduchá, a je zvolena v závislosti na konkrétních požadavcích spotřebitele, aplikace vrstvy, použitého materiálu a rozsahu ochrany. Z důvodu lepší orientace mezi jednotlivými možnostmi a výběru vhodné varianty jsou tyto druhy popsány v následujících podkapitolách.

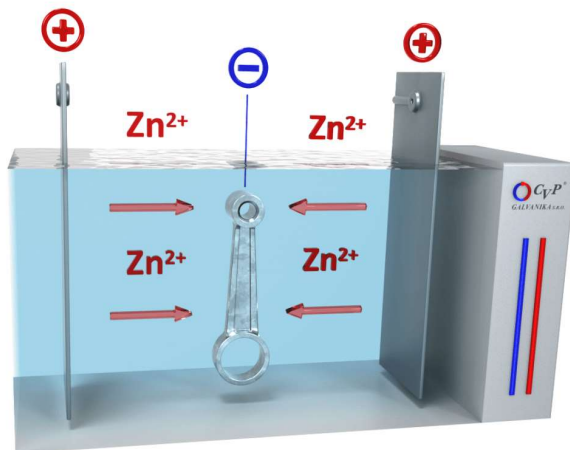
5.1 Galvanické zinkování

Jednou z více rozšířených metod je galvanické zinkování, které lze popsat jako elektrolytický děj, při kterém se v lázni připojí elektrovedivý materiál na katodu a čistý zinek na anodu. Rozpuštěný zinek v iontové formě přilne na katodu a vzniká zinková vrstva, jak můžeme vidět na *Obrázku 2* níže. Galvanické zinkování je vhodnější použít u konstrukčně náročnějších dílů. Existují tři druhy alkalická lázeň (tvořena 10% roztokem hydroxidu sodného, ve kterém je rozpuštěno cca 10 g zinku na 1 litr lázně) a kyselá lázeň (tvořena 15% roztokem chloridu draselného s obsahem 30 g rozpuštěného zinku na 1 litr lázně) a neutrální.[28]

Při zinkování vzniká jemnozrný povlak a je možná aplikace různých druhů odstínů povlaku. Nesmí být opomenuto, že před pozinkováním musí být materiál náležitě zbaven rzi, okují a odmaštěn.[29]

Mezi výhody galvanického zinkování lze řadit udržitelné vstupní náklady, kdy se zpravidla vyplácí díky udržitelným cenám. Další výhodou je životnost povlaku, která může být ještě navýšena tenkovrstvou nebo silnovrstvou pasivací. Za výhodu lze také považovat snadnou ovlivnitelnost tloušťky vrstvy a malou chybovost. V neposlední řadě lze povlak barevně ovlivnit, například chromátováním. [24]

K nevýhodám lze uvést omezenou velikost, která spočívá ve velikosti lázně, a proto nelze zinkovat celistvé rozměrné konstrukce. Dále je zde riziko vzniku vzduchových bublin, které se objevují v dutinách či slepých dírách a zabraňují správnému pozinkování. Jedním z negativních vlivů při svařování je výskyt výparů způsobující zinkovou horečku. Na závěr lze uvést vodíkovou křehkost, kdy se z reakce vylučuje vodík, který následně vniká do materiálu a mění jeho vlastnosti. [24]

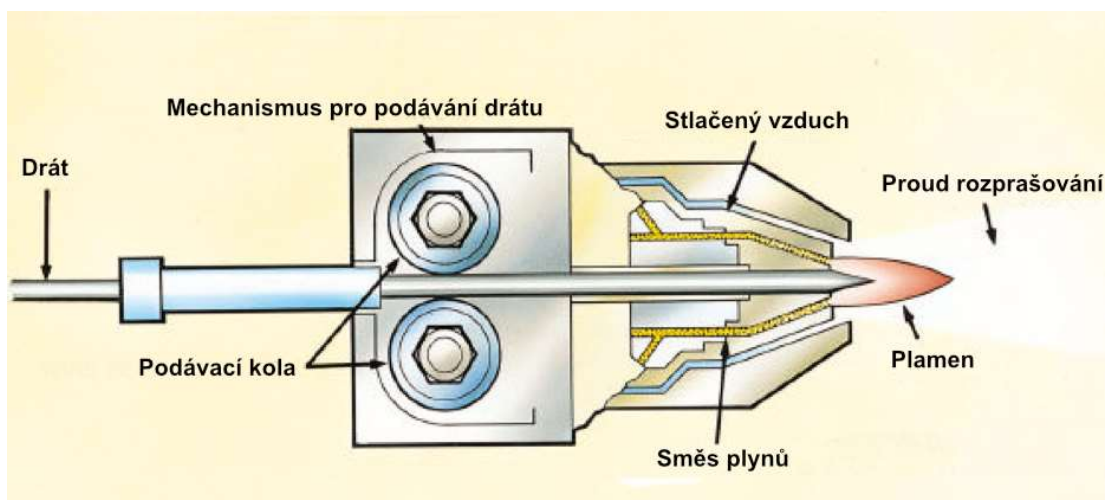


Obrázek 3 Proces galvanizace[30]

5.2 Žárové stříkání (metalizace)

Žárové stříkání je další v řadě způsobů nanášení ochranné protikorozní vrstvy pomocí drátu nebo prášku, který je roztaven vysokou teplotou a následně za velké rychlosti pomocí stlačeného vzduchu či plynu vrhán na materiál. Tento popis je uveden na *Obrázku 4* níže. Výsledkem je vytvoření ochranného povlaku, který zvyšuje odolnost předmětu proti korozivním procesům, opotřebení a vysokým teplotám. Výhody této technologie jsou vysoká korozní, mechanická a teplotní odolnost. V současné době se preferuje spíše slitina zinku a hliníku před samotným zinkem z důvodu lepší protikorozní ochrany.[31]

Díky žárovému stříkání lze aplikovat povlaky s vysokou přilnavostí a odolností v extrémních podmínkách, jako je vysoká teplota, vlhkost či chemické prostředí. Metalizace se využívá zejména v automobilovém průmyslu, energetickém průmyslu, letectví, strojírenství a dopravním stavitelství.



Obrázek 4 Proces metalizace[32]

5.3 Sherardizace

Sherardizace spočívá v zahřátí ocelového dílu na 500 °C a jeho rotaci v uzavřeném bubnu s obsahem zinkového prachu a inertního plniva jako je písek. V bubnu se zinek odpařuje a difunduje na ocel se kterou následně vytváří vrstvu slitiny zinku a železa. Povrch musí být důkladně očištěn od mastnoty, nečistot a rezavých povrchů. Životnost protikorozi vrstvy je okolo 20 let v městském prostředí. Při sherardizaci lze dosáhnout povlaku o tloušťce mezi 10 a 75 μm . Největší výhody jsou vynikající základ pro barvu, úplné odstranění vodíkového křehnutí, největší tvrdost ze všech zinkových povlaků, který odolá hrubému zacházení. Sherardizace je také vhodná pro spojovací prvky jako matice, podložky, šrouby a tyče, závity se u tohoto procesu nevyplňují. Díky nízké provozní teplotě zabraňuje ztrátě mechanických vlastností a tvarů dílů, jako jsou například pružinové oceli.[33]

5.4 Mechanické zinkování

Mechanické zinkování je proces úpravy kovových materiálů, který je velice ekologickou a šetrnou technologií. Jedná se o alternativu k elektrochemickým metodám, jako je galvanizace. Je vhodný pro díly, které nelze podrobit elektrolytickému procesu. Součástky se po přípravě jako je odmaštění, odmoření a pomědění (cementace mědi) nasypou do bubnu ve kterém jsou skleněné kuličky zinkový prach a chemické aktivátory. Součásti jsou v bubnu omílány a za pomoci kuliček je zinek navalován na jejich povrch. Tloušťku vytvořeného povlaku lze regulovat množstvím přidaného zinku. Tloušťka se pohybuje v rozmezí 10 až 15 μm , ale lze vytvářet i tlustší vrstvy. Mechanicky zinkovat lze i součástky se složitější geometrií. Po zinkování bývá povrch matný.[34]

Mechanické zinkování je vhodné zejména pro ušlechtilé ocele s tvrdostí nad 40 HRC, jelikož u jiných metod hrozí vodíková křehkost. Vlastnosti se podobají elektrolytickému (galvanickému) zinkování.[34]

Tento proces je hojně využíván v automobilovém průmyslu, stavebnictví, lodním průmyslu a dalších odvětvích, kde je potřeba spolehlivá ochrana proti korozi. Navíc lze mechanicky zinkovat i bez použití elektrické energie.

5.5 Nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku

Zinkové nátěrové hmoty se skládají z šedého zinkového prášku o velikosti 3–8 μm rozmíchaného v nátěru, který nanášíme pomocí štětce, válečku nebo stříkáním. Nátěr se po nanesení na materiál pomocí reakce s okolním prostředím (voda, kyslík, oxid uhličitý) vytvrzuje. Během tohoto procesu vznikají oxid zinečnatý, hydroxid zinečnatý a uhličitán zinečnatý, jejich vytvořením se nanesená vrstva utěsní, zacelí a ztvrdne. Pokud dojde k mechanickému narušení materiálu, zbylý zinek se stane aktivní a chrání jej. Velkou výhodou je, že se zinkování může provádět na zařízeních již zařazených do provozu. [35]

Při výběru nátěrových hmot s vysokým obsahem zinku je důležité zohlednit konkrétní požadavky aplikace, typ povrchu a prostředí, ve kterém bude nátěr použit. Je také důležité dodržovat pokyny výrobce ohledně přípravy povrchu, aplikace a údržby nátěrového systému, aby byla zajištěna optimální ochrana a výkon.

5.6 Neelektrolyticky nanášené mikrolamelové povlaky zinku

Účelem neelektrolytického nanášení mikrolamelového povlaku zinku je zdokonalit ochranu proti korozi. Tento postup umožňuje aplikovat tenké, ale vysoce účinné vrstvy zinku bez použití elektrolytických metod, jako je galvanizace. Proces neelektrolytického nanášení mikrolamelových povlaků zinku začíná přípravou povrchu kovového dílu, který musí být důkladně očištěn od mastnoty, nečistot a rezavých povrchů. [36]

Vznik zinkového povlaku na ocelových nebo železných součástech lze docílit namáčením za studena, pneumatickým nebo elektrostatickým stříkáním povlakového média, poté pak následuje vytvrzení. V tomto procesu zinkování nehrozí žádná vodíková křehkost. Vytváření povlaku pomocí máčení za studena zaručuje pokrytí celého povrchu součásti, a to i při složitějším tvaru. Životnost povlaku závisí na jeho tloušťce a typu prostředí, kterému je vystaven. Povlaky mohou obsahovat i určitý podíl mikrolamel hliníku.[36]

Tento proces je vhodný pro různé typy kovových dílů a součástí, včetně komplexních geometrií a detailů, které nelze snadno zinkovat elektrolyticky. Neelektrolytické nanášení mikrolamelových povlaků zinku je využíváno v automobilovém průmyslu, stavebnictví, energetice a dalších průmyslových odvětvích, kde je vyžadována spolehlivá ochrana proti korozi. Díky svým vlastnostem poskytuje tato technologie široké možnosti aplikace a přináší významné výhody ve srovnání s tradičními metodami ochrany proti korozi.

5.7 Žárové zinkování

Nejrozšířenější zinkovací metoda, kterou lze popsat jako metalurgický proces, při kterém se na povrchu ocelového či jiného železného materiálu vytváří povlak vložením do zinkové lázně. Provádí se v ocelových vanách za teploty mezi 450 a 470 °C. Při reakci povrchu ocele s roztaveným zinkem vznikají slitinové fáze železa a zinku (gama, delta, zeta), ve kterých klesá obsah železa směrem od materiálu ven. [37]

Při vytahování materiálu z lázně zůstane na slitinových fázích čistá vrstva zinku, pokud tato vrstva není vystavena reakci se železem zůstává kovově lesklá. Podstatná je také doba zinkování, zinkovaná součást musí v lázni být tak dlouho dokud se neohřeje na teplotu zinku, musí proběhnout dočištění solemi tavidla a pokovení materiálu. Prodloužení doby zinkování nad dobu minimální má vliv na tloušťku povlaku pouze u křemíkem uklidněných ocelí. Dále pak platí že čím tlustší materiál, tím jsou povlaky tlustší. Průběh reakce a výslednou kvalitu také ovlivňuje čistota a složení zinkové lázně. Podle ČSN EN ISO 1461 nesmí být v lázni více nečistot než 1,5 %. [37]

Mezi výhody žárového zinkování se řadí spolehlivost, kde se vyskytuje ochranná norma ČSN EN ISO 1461 a životnost, u které pozinkovaný materiál vydrží okolo 40 let a v horších podmínkách 25 let. Dále také poskytuje vysokou odolnost proti škrábancům a otěru. V neposlední řadě narozdíl od ostatních protikorozičních systémů žárové zinkování nabízí rovnoměrný povlak, a to i na hranách a v dutinách materiálu. Dále zinkování nabízí cenovou dostupnost, bezúdržbovost, ekologickou šetrnost a atraktivní vzhled. [38]

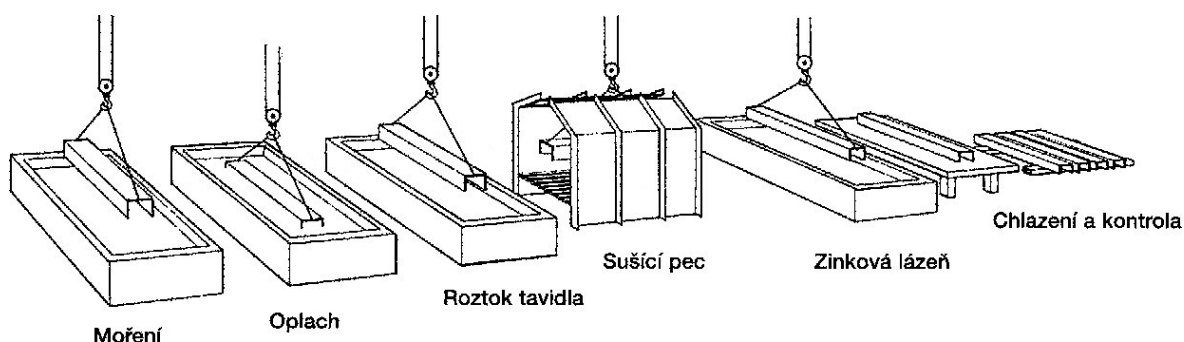
Naopak k nevýhodám lze řadit lokálnost, kdy lze zinkovat jen na místech s lázní. Dále je žárové zinkování omezeno rozměrem této lázně. Při tažení či válcování pozinkovaného materiálu může dojít k odlupování zinku, pokud byl špatně nanesen. Jako poslední nevýhody lze uvést riziko zinkové horečky a nemožnost volby barvy povlaku. [39]

5.7.1 Suché a mokré zinkování

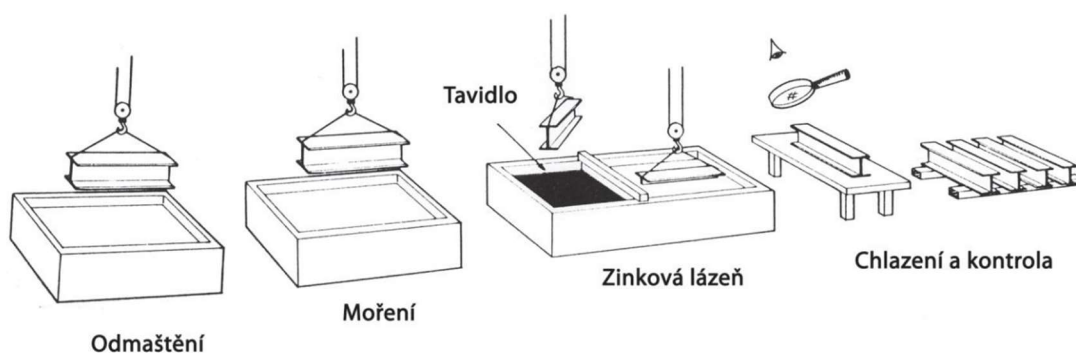
Žárové zinkování lze rozdělit do dvou skupin na suché a mokré zinkování. U suchého zinkování se tavidlo aplikuje na ocel ve speciální vaně. Ve vaně je obsažen vodný roztok chloridu amonného a chloridu zinečnatého. Před začátkem zinkování je nutné ocel náležitě osušit v peci. Jakmile je na povrchu oceli tavidlo, jež pomáhá zabránit tvorbě tvrdého zinku v tavenině a zbavuje lázeň oxidů vzniklých během zinkování. Při vytahování oceli z lázně se musí dbát na čistotu hladiny. Hotový kus se položí na stůl ke chlazení a následně je zkontrolován. [40]

Mokrý zinkování je stejně kvalitní, avšak méně rozšířený způsob zinkování. Zde se tavidlo nachází přímo na hladině zinkové lázně, která je rozdělena na dvě části. Po očištění a osušení se ocel vkládá do první části lázně obsahující tavidlo. Následně je ocel pod hladinou přesunuta do druhé části lázně, kde již na hladině tavidlo není. Opět se musí dbát na čistotu hladiny. Po dokončení zinkování je hotový kus vytažen a položen na stůl ke chlazení a následné kontrole.[40]

Rozdílů mezi těmito metodami je málo, obě metody jsou stejně kvalitní a mají podobný postup. Avšak mokré zinkování je rozšířeno méně než suché. Mezi další rozdíly patří absence sušící pece u mokrého zinkování a společná zinková lázeň s tavidlem narozdíl od suchého zinkování, kde jsou tyto lázně rozděleny. Tyto rozdíly můžeme vidět níže na *Obrázku 5* a *Obrázku 6*.



Obrázek 5 Suché zinkování[41]



Obrázek 6 Mokrý zinkování[39]

5.7.2 Žárové zinkování drobných dílů

Pokud je požadováno pozinkování velkého počtu součástek za co nejkratší čas tak je řešení na světě. Tento způsob se používá pro velkosériové drobné součástky jako jsou šrouby, matice, podložky. Proces probíhá stejně jako ostatní způsoby žárového zinkování. Drobné díly se odmastí, odmoří, opláchnou, namočí v tavidle, osuší. Rozdíl nastává až u přítomnosti odstředivky, do které se vloží drobné díly a jsou ponořeny do zinkové lázně. Ihned po vytažení z lázně je nad ní provedeno odstředění, díky kterému se tak docílí vytvoření rovnoměrného povlaku, který je u spojovacích materiálů bezpodmínečně požadován.[42]

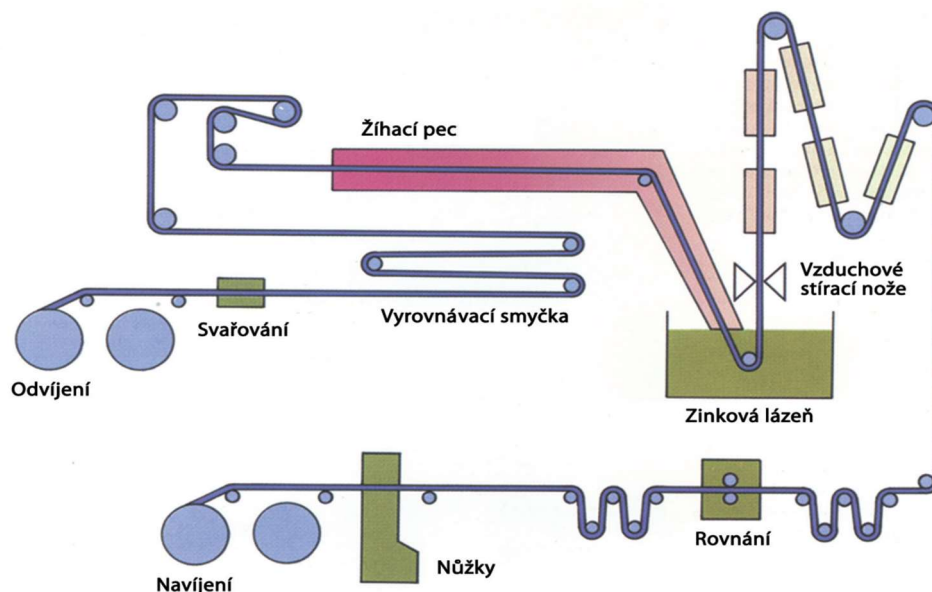
Tento proces je oblíbeným řešením v průmyslových odvětvích, jako je automobilový průmysl, stavebnictví, energetika a elektronika, kde je klíčové zajistit vysokou kvalitu povrchové úpravy a dlouhou životnost komponent.

5.7.3 Žárové zinkování ocelového pásu

Žárové zinkování pásu se poněkud liší od ostatních metod, a to především tím, že jede v nepřetržitém provozu. Zinkování ocelového pásu, který může dosahovat až 3000 m spočívá v jeho navinutí do cívky. Proces začíná pečlivou přípravou povrchu ocelového pásu, který musí být důkladně očištěn od mastnoty, nečistot a rzi. Jako první pás prochází pecí, kde se rozežřeje na teplotu od 450 až do 650 °C a je očištěn od oxidace. Poté je pás v redukční a zádržné zóně žihán při teplotě 800 °C. Žiháním lze částečně upravovat mechanické vlastnosti materiálu. Po žihacím procesu ochlazený pás vstupuje šikmo dolů do zinkové lázně s teplotou 450 až 480 °C. Nad lázní pomocí vzduchových stíracích nožů je odstraňován přebytečný zinek ještě v tekuté formě. [43]

Celý tento proces je představen na *Obrázku 7*. Velikost povlaku je dána rychlostí pásu, která při zohlednění šířky pásu a šíře ofukovacích nožů může dosahovat až 200 m/min. Po ochlazení je pás rovnán a svinut do svitku. Zinkovací lázeň obsahuje 0,2-0,5 % hliníku, kvůli jasnějšímu a lesklejšímu povrchu. Tloušťka zinkového povlaku je mezi 5 a 20 μm . [43]

Tato technika je široce využívána v průmyslových aplikacích, kde je důležitá spolehlivá ochrana proti korozi a dlouhodobá trvanlivost materiálu s minimálními nároky na údržbu.



Obrázek 7 Zinkování ocelového pásu[7]

5.7.4 Žárové zinkování trubek

Zinkování trubek je proces, při kterém se na povrch trubky nanáší ochranná vrstva zinku suchým nebo mokrým způsobem. Tento postup je běžně využíván k ochraně trubek před korozí a prodlužuje jejich životnost. Průběh zinkování zahrnuje několik kroků. Nejprve se trubky pečlivě připraví, odstraní se jakýkoliv povrchový nános nebo nečistoty, aby se zlepšila adheze zinku na povrch trubky. Poté následuje chemické čištění, které odstraňuje mastnotu, olej a další nečistoty. Dále se trubky ponoří do roztoku kyseliny, aby se odstranila povrchová oxidace a vytvořila se čistá povrchová vrstva, která zajišťuje lepší adhezi zinku. Následně se trubky ponoří do roztoku zinku, kde dochází k elektrochemickému procesu, při kterém se zinek elektrolyticky nanese na povrch trubky. Nakonec se provede konečná úprava, jako je odstranění přebytečného zinku, ořezání závitů a konečné kontroly kvality. [44][45]

Zinkování chrání trubky tím, že reaguje s kyslíkem a vodou ve vzduchu místo trubky, což zabraňuje korozním procesům. Tento proces je běžně využíván v potrubních systémech, v odvětví stavebnictví, inženýrství a výroby automobilů. Zinkování trubek je ekonomicky efektivní a poskytuje spolehlivou ochranu proti korozním účinkům v širokém spektru prostředí.

6 Ekonomické aspekty zinkování a jejich výdělečnost ve společnosti

V této kapitole bude snahou se zaměřit na ekonomickou stránku zinkování. Práce je dále orientována na zvolený podnik se zaměřením na povrchovou úpravu zinkováním. V této firmě byly analyzovány ekonomické ukazatele. Za tímto účelem byla uskutečněna konzultace se společností WIEGEL, jejímž předmětem činnosti je žárové zinkování.

Tato firma je součástí nadnárodní skupiny a tvoří ji jedna hala se sedmi metrovou zinkovací lázní, 4 mořící lázně a jedna lázeň s tavidlem. Ve firmě v současné době pracuje okolo 65 zaměstnanců a na provoz jedné směny je potřeba okolo 25 lidí. Firma se specializuje na žárové zinkování pomocí metody suchého zinkování, jež byla popsána v předchozích kapitolách. Provoz disponuje 5 halovými jeřáby a sadou 4 vysokozdvihných vozíků.

6.1 Náklady

Náklady na provoz zinkovny WIEGEL se ročně pohybují okolo 100 milionů Kč, z nichž největší zastoupení tvoří spotřeba zinku a plynu. Ostatní náklady tvoří mzdy zaměstnanců, opravy a udržování, kyseliny potřebné k očištění oceli a energie na plynulý chod firmy. Nesmíme být opomenuty náklady vzešlé při likvidaci zinku ve tvrdé formě ze dna zinkovací lázně, která se musí jednou měsíčně vyčistit. Výhoda extrakce tvrdého zinku je v možnosti jeho recyklace a následného prodeje, díky tomu lze částečně pokrýt náklady spojené s jeho likvidací. Dále se při zinkování musí zlikvidovat kyselinové roztoky používané při moření. Konkrétně v této firmě je velký zájem o ekologii, a tak se využívá několik mořících lázní, kde každá lázeň obsahuje jinou koncentraci kyseliny. Používají se čtyři lázně s koncentrací dvanácti, devíti, šesti a třemi procenty. Likviduje se vždy lázeň s nejmenším procentuálním zastoupením kyseliny a ostatní kyselinové roztoky se naředí a přečerpají do lázně s nižším procentuálním zastoupením.

6.1.1 Plyn a zinek

Plyn a zinek jsou klíčové součásti výroby pozinkované oceli, jejich neustálá potřeba a využitelnost v procesu jsou zásadní pro chod firmy a její ekonomickou výkonnost, jelikož tvoří značnou část výrobních nákladů a jejich cena může být poměrně volatilní.

Cena zinku se v posledních letech průměrně pohybovala kolem 2200 USD za tunu, avšak v současnosti dosahuje hodnoty 2360 USD za tunu. V roce 2022 jsme viděli rapidní nárůst ceny, zejména v důsledku začátku války na Ukrajině, kdy cena zinku stoupla téměř na 4500 USD za tunu, jak ukazuje *Obrázek 8*.

Co se týče plynu, současná cena se pohybuje kolem 1400 Kč za 1000 m³. V roce 2022 dosáhla cena plynu až 8000 Kč za 1000 m³, jak je znázorněno na *Obrázku 9*. Zinkovna WIEGEL průměrně spotřebuje 1100 tun zinku za rok, což při současných cenách zinku činí kolem 60 milionů korun. Spotřeba plynu firmy dosahuje 3 milionů Kč ročně, což odpovídá spotřebě přibližně 2 000 000 m³.

Pro co nejlepší ekonomický výsledek lze jako prevenci před nahlým výkyvem cen zařadit například politiku větších zásob zinku držných na skladě, pokud ho lze uskladnit. Ovšem zde musíme myslet zase na vznik nákladů spojených s jeho uskladněním a proto by firma měla volit takovou variantu, kde se jí ekonomicky vyplatí uskladnit zinek s tím, že ji co nejméně ovlivní budoucí cenové výkyvy na trhu. Firma má také možnost si ceny zafixovat u bankovního makléře, ovšem musí ale počítat, že tento proces cenu navýší o 4 %. Při zvolení této varianty by se firma měla rozhodnout a ujistit, že při vytváření cen pro odběratele bude schopna konkurovat s ohledem větší vstupní ceny zinku.



Obrázek 8 Cena zinku v posledních letech [47]



Obrázek 9 Cena zemního plynu v posledních letech [48]

6.2 Výnosy

Jedním z hlavních cílů každé společnosti je dosáhnout zisku, a firma WIEGEL není výjimkou. WIEGEL je součástí koncernové skupiny se sídlem v Německu, kterou tvoří celkem 63 zinkovacích provozů. Každý z těchto provozů se snaží přispět do celkového podniku svým dílem. V této firmě se tento příspěvek projevuje ve formě tržeb za prodej služeb a za prodej zboží, jak je uvedeno v *Tabulce 3*.

Tabulka 3 Tržby z prodeje v letech

	2022	2021	2020	2019
Tržby z prodeje služeb	365 milionů	341 milionů	312 milionů	309 milionů
Tržby z prodeje zboží	1,5 milionu	0,7 milionu	0,6 milionu	1,2 milionu

Z uvedené tabulky lze vyčíst, že ekonomická situace firmy se zlepšuje a tržby se časově rozloženě zvyšují. Hlavní část tržeb představují tržby z prodeje služeb, avšak je také patrné, že firma zinkuje svou ocel a následně ji prodává. Nicméně tržby z prodeje zboží jsou v porovnání se službami minimální.

Dalším důležitým faktorem je úroveň zadluženosti podniku. Podle aktuálních dat firma nevyužívá žádné úvěry a má minimální závazky. Jak je patrné z *Tabulky 4*, závazky firmy od roku 2019 postupně klesají a pohybují se kolem částky 3 milionů. Naopak pohledávky firmy mírně narůstají. Na základě těchto údajů lze konstatovat, že podnik je ekonomicky zdravý a schopný udržet provoz i v následujících letech.

Tabulka 4 Zadluženost podniku v letech

	2022	2021	2020	2019
Závazky	2,2 milionu	3,4 milionu	3,3 milionu	5,6 milionu
Pohledávky	27 milionů	24,2 milionu	25,7 milionu	25,4 milionu

6.2.1 Cenová tvorba

Cenová tvorba pro žárové zinkování je specifická hlavně z důvodu neustálé změny ceny zinku, která částečně ovlivňuje cenu výslednou. U firmy WIEGEL se cena skládá ze tří hlavních aspektů: Základní cena + příplatek na vyrovnání ceny zinku + marže. V základní ceně jsou zahrnuty všechny náklady spojené s pozinkováním oceli. Příplatek na vyrovnání ceny zinku slouží k tomu, když se cenová hladina zinku zvedne a je již domluvená zakázka, o rozdíl zvednutí této hladiny se cena navýší. Marže poté tvoří konečný aspekt ceny, který si každá firma určuje sama s ohledem na poptávku a ekonomický vývoj na trhu. Marže se zpravidla pohybuje v rozmezí 5–10 %.

6.2.2 Česko a zahraničí

Samozřejmě firma nemusí dodávat jen na tuzemský trh, ale může mít i odběratele v zahraničí, jak vidíme v *Tabulce 5* firma WIEGEL takové odběratele má. Tyto zahraniční firmy tvoří zhruba 10 % ročních tržeb za služby a zboží. Z toho důvodu se firma nejvíce zaměřuje na tuzemský trh, kde je její pozice velmi silná a má největší odbyt materiálu. Avšak pokud dojde k nasycení tuzemského trhu nebude mít firma jinou možnost než začít aktivně vyhledávat více zahraničních odběratelů.

Tabulka 5 Tržby v tuzemsku a zahraničí

	2022	2021	2020	2019
Tuzemsko	347,5 milionů	305 milionů	273 milionů	272,3 milionu
Zahraníčí	19 milionů	37 milionů	40 milionů	37,7 milionu

6.3 Konkurence

Mezi hlavní konkurenty firmy WIEGEL a procesu žárového zinkování patří nerezová ocel a lakování. Nerezová ocel představuje konkurenci pouze v určitých oblastech s vnitřním estetickým využitím, jako jsou například ocelová zábradlí, schody a další prvky interiéru. Naopak, lakování se stalo v současné době největším konkurentem zinkování. Existuje několik důvodů, proč je tomu tak, jak naznačuje *Tabulka 6*. Mezi hlavní patří možnost libovolné barvy povrchu a schopnost pracovat s neomezenými rozměry díky absenci koupací lázně a nižším počátečním nákladům. Na druhou stranu zinkování nabízí výhody v dlouhé životnosti, schopnosti vyplnit každou dutinu a téměř nulové náklady na údržbu.

Firma WIEGEL má samozřejmě i přímou konkurenci v oblasti zinkování. V České republice je přibližně 45 zinkoven, z nichž každá může být potenciálním konkurentem pro tuto firmu. Mezi největší konkurenty patří společnosti SIGNUM spol. s. r. o., která má více než 10 poboček v České republice, a ZINKPOWER a. s.

Tabulka 6 Porovnání lakování a zinkování

	Lakování	Pozinkování
Volba odstínu	Lze	Nelze
Vstupní náklady	6 Kč na kilogram lak. oceli	15 Kč na kilogram poz. oceli
Neomezenost rozměrem	Jakýkoli rozměr	Omezeno zinkovací lázní
Životnost	10–20 let	Více než 30 let
Údržba	Vyšší náklady	Téměř nulové
Úplné vyplnění dutin	Horší na provedení	Jednodušší na provedení

6.4 Odběratelé

V současném období může být odběratelem pozinkovaného materiálu téměř kdokoliv, od jednotlivců až po největší firmy, které se zajímají o ochranu proti korozi. Pro firmu WIEGEL, sídlící v Žebráku, představují hlavními odběrateli jednotlivci a středně velké firmy, které se převážně pohybují v oblasti stavebnictví. Tato skupina firem tvoří zhruba 70 % celkového odbytu firmy, což představuje průměrně 5000 tun za rok. Zbývajících 2000 tun pak odebírají jednotlivci. Nicméně takový významný podíl odběru směřující jedním směrem může být pro firmu fatální, zejména v době krize, kdy je vhodnější mít rozmanitější portfólio odběratelů.

V roce 2020 došlo v České republice a Německu k významnému propadu ve stavebnictví. V České republice se stavby zastavily kvůli pandemii Covid-19, což vedlo k poklesu stavební aktivity o 9 % ve srovnání s předchozím rokem. Ve stejném období v Německu došlo k ještě výraznějšímu úbytku, přičemž stavebnictví zaznamenalo propad o 11 %. Tento dramatický pokles v obou zemích měl významný dopad na dodavatelské firmy jako je firma WIEGEL, která se začala potýkat s negativními ekonomickými důsledky v následujícím období.

6.5 Inovace a ekologie

Žárové zinkování nenabízí mnoho možností ke zrychlení výrobního procesu a zefektivnění výroby, s výjimkou možnosti experimentovat se složením mořicích lázní. Proto se firma WIEGEL rozhodla zaměřit svou pozornost na inovace v oblasti ekologie a snižování provozních nákladů. Jelikož je součástí velkého německého koncernu, klade důraz na eliminaci používání olova v zinkových lázních, ačkoliv olovo zlepšuje vlastnosti lázní. Tento jejich postoj je potvrzen certifikátem o ochraně životního prostředí, který firma obdržela.

WIEGEL se také zabývá snižováním nákladů, zejména v oblasti energetiky. Před rokem firma vyměnila klasické žárovky za LED žárovky, čímž dosáhla úspory na elektřině. Nedávno provedla izolaci zinkové lázně, čímž snížila spotřebu zemního plynu o téměř 20 %.

Firma dále minimalizuje náklady prodejem tvrdého zinku jako odpadního produktu a znovu využíváním mořicího roztoku s menší koncentrací. Tím se snižují náklady na likvidaci kyseliny a zlepšuje se ekologický dopad provozu, jak bylo zmíněno v kapitole o nákladech.

7 Ekologický dopad zinkování

Zinkování je velice ekologický proces. Extrakce zinku z rudy spotřebuje 13 GJ/t, u sekundárního zinku to je 0,65 GJ/t, což nám ze zinku dělá jeden z nejlevnějších kovů a že jeho těžba je ekologičtější než u ostatních kovů. V současné době se na území ČR a SR nachází okolo 38 zinkoven. Většina z nich je vlastníkem certifikátu ochrany životního prostředí.

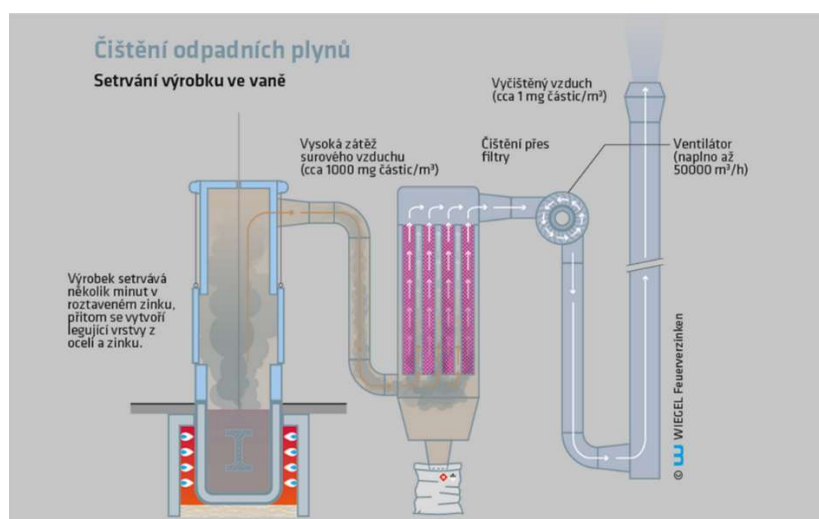
Pozinkovanou ocel lze recyklovat či znovu zinkovat, protože po vypršení zinkové protikorozi ochrany ocel bývá téměř netknutá, kde spotřeba energie a materiálů na tunu pozinkované oceli je zobrazena v *Tabulce 7*. Při zinkování samozřejmě také vznikají odpadní produkty, jejich množství na tunu je shrnuto v *Tabulce 8*. Z pozinkovaného materiálu se dá zinek recyklovat v hutích pomocí zachytávání ve filtru jako oxid zinečnatý, jak popisuje *Obrázek 10* níže. Zinek je tedy snadno recyklovatelný a až 36 % zachyceného zinku se znovu použije ve výrobě.[7]

Tabulka 7 Ekologický profil průměrné spotřeby materiálů na pozinkování tuny oceli.[7]

Zinek	60 až 70 kg
Energie jednosměnného provozu	600 až 650 kWh
Energie třisměnného provozu	350 kWh
Oxid uhličitý	0 kg
Oxid dusičitý	0 kg
Kyselina chlorovodíková	15 kg
Tavidlo	3 kg
Voda	malé objemy, které se zpětně čistí

Tabulka 8 Odpadní produkty při pozinkování jedné tuny oceli[7]

Tvrký zinek	10 kg
Popel	15 kg
Prach z filtrů	0,3 kg
Hydroxidový kal (vysušený)	5 kg



Obrázek 10 Průběh čištění při zinkování[46]

8 Závěr

Cílem práce bylo shromáždit, analyzovat a přiblížit poznatky o druzích a možnostech zinkování kovových materiálů jak obecně z literárních zdrojů a časopisů, tak i konkrétně nahlédnout do ekonomického běhu firmy zabývající se žárovým zinkováním a posoudit, zda má zinkování budoucnost.

Zinkování kovových materiálů má do budoucna stále velký potenciál a prozatím zůstává nenahraditelnou součástí našich každodenních životů, i když na to občas zapomínáme. Zinkování je jak nejefektivnější ochrana proti korozi, tak i velice ekologická varianta povrchové úpravy už od odebrání zinku z půdy až po její nanesení na materiál. Je to metoda ekonomicky výhodná díky své bezúdržbovosti, dlouhé životnosti až po recyklaci a její opětovné použití. V dnešní době je nejrozšířenější metodou žárové zinkování. Z toho důvodu bylo podniknuto zkoumání ve firmě tímto procesem se zabývající.

Zvolená firma využívá pro výrobní proces sedmi metrovou lázeň. Díky ní je schopna náležitě pozinkovat velké množství oceli s výsledkem kvalitní protikorozi ochrany. Dle jejich ekonomických aspektů je zinkování výdělečný proces s většími provozními náklady.

Mé osobní doporučení pro firmu WIEGEL je zastropování cen u makléře a držení větších zásob z důvodu výkyvů komodit na trhu. Investice do další zinkovací lázně, díky které by pokryli větší množství odběratelů na trhu, a nakonec diverzifikace portfólia z důvodu eliminace případných krizí zasahujících stavebnictví a tím následně i tuto firmu.

Jelikož se v odvětví zinkování stále více tlačí na ekologii a zákony o ochraně životního prostředí, je v této oblasti prostor pro velké inovace, z toho důvodu se tímto směrem mohou ubírat další práce z oblasti zinkování.

9 Seznam použitých zdrojů

- [1] KUDĚLKA PH.D., Ing. Vladimír, Ing. Stanislav KREJČÍ a František DOLÁK. *POVRCHOVÉ ÚPRAVY MATERIÁLŮ, JEJICH ÚČEL A PROVÁDĚNÍ* [online]. 8 [cit. 2024-03-25]. Dostupné z: https://www.cws-anb.cz/docu/clanky/0007/000719_povrchove-upravy.pdf
- [2] KREISLOVÁ PHD., Ing. Kateřina, Ing. Dagmar KNOTKOVÁ CSC., Ing. Alena KOUKALOVÁ, Ing. Hana GEIPLOVÁ a Pavel DUŠEK. Metodika stanovení životnosti zinkových povlaků v atmosférickém prostředí. *KONSTRUKCE* [online]. 2011, 1 [cit. 2024-03-25]. Dostupné z: <http://old.konstrukce.cz/clanek/metodika-stanoveni-zivotnosti-zinkovych-povlaku-v-atmosferickem-prostredi/>
- [3] *Technologie žárového zinkování* [online]. Vysoké učení technické v Brně, Antonínská 548/1, 601 90 Brno-střed, 2012 [cit. 2024-03-25]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=53367. Bakalářská práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojího inženýrství.
- [4] *Druhy koroze kovů* [online]. 2024 [cit. 2024-03-25]. Dostupné z: <https://www.av-equen.cz/produkty/druhy-koroze-kovu/>
- [5] *Vlastnosti ochranných povlaků aplikovaných na ocelovém podkladu s vrstvou žárového zinku* [online]. Univerzita Pardubice, 2020 [cit. 2024-03-25]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/76160/ReznicekD_VlastnostiOchrannych_AK_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, FAKULTA CHEMICKO – TECHNOLOGICKÁ.
- [6] ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ. *Zink power* [online]. 2024 [cit. 2024-03-25]. Dostupné z: <https://www.zinkpower.com/cs/zarove-zinkovnani.html>
- [7] *Příručka žárového zinkování* [online]. 2. vydání. AČSZ, 2005 [cit. 2024-03-05]. Dostupné z: <https://zarova-zinkovna.meza.cz/upload/ck/files/prirucka-zaroveho-zinkovani.pdf>
- [8] Koroze v potrubních systémech. *Tlakinfo.com* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.tlakinfo.com/t.py?t=2&i=1827&h=116>
- [9] Koroze kovů v mořském prostředí. In: *TOMÁŠ KŮDELA yachting a expedice* [online]. 2020 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: https://tomaskudela.cz/blog_content.php?title=blog/koroze/koroze.def
- [10] *MINERALOGICKÉ A GEOCHEMICKÉ ZHODNOCENÍ KOROZIVNÍCH PRODUKTŮ POZINKOVANÝCH ŽELEZNÝCH TRUBEK* [online]. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Ústav geologických věd, 2012 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/q5bh7/Bakalarska_prace.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita Ústav geologických věd.
- [11] Vzhled povlaků vytvořených žárovým pozinkováním ponorem. *Průmyslové spektrum* [online]. 2002, 16. 05. 2002, **2002**(5), 1 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vzhled-povlaku-vytvorenych-zarovym-pozinkovanim-ponorem>
- [12] KALEDOVÁ, Andrea. *Technologie nátěrových hmot II.: povrchové úpravy a způsoby předúpravy materiálů*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav polymerních materiálů, 2003. ISBN isbn80-7194-555-2.

- [13] KIM, Changkyu, Lin CHEN, Hui WANG a Homero CASTANEDA. Global and local parameters for characterizing and modeling external corrosion in underground coated steel pipelines: A review of critical factors. *Journal of Pipeline Science and Engineering* [online]. 2021, **1**(1), 17-35 [cit. 2024-03-26]. ISSN 26671433. Dostupné z: doi:10.1016/j.jpse.2021.01.010
- [14] Koroze a metody ochrany proti ní. In: *Gymnázium Cheb* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: http://lide.gymcheb.cz/~tuleng/oktava_2_5_koroze_podle_prostredi.html
- [15] *MECHANICKÉ PŘEDÚPRAVY ZINKOVÝCH POVLAKŮ PŘED APLIKACÍ NÁTĚROVÉ HMOTY* [online]. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, 2017 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/73326/F2-DP-2017-Hylak-Kamil-Diplomova%20prace_HYLAK_Kamil.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, FAKULTA STROJNÍ, Ústav strojírenské technologie.
- [16] *Návrh způsobu chemické předúpravy povrchu povlaku žárového zinku pro přilnavost organického povlaku Praha, ČVUT FS, 2016.* Praha, ČVUT FS, 2016. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta strojní.
- [17] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy.* Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN isbn80-7082-668-1.
- [18] Otryskávání. In: *Gumex* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/slovník-pojmu/otryskavani-87>
- [19] Pískování neboli tryskání. In: *Pískovačka.cz* [online]. 2018 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.piskovacka.cz/piskovani-tryskani/>
- [20] Omílání. In: *ROC galvanik* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://roc-galvanik.cz/mechanicke-opracovani-povrchu/omilani/>
- [21] Omílání. In: *Galvanovna Chotěboř* [online]. 2016 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <http://www.galvanovna.eu/omilani/>
- [22] Žárové zinkování. In: *Electropoli* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.electropoli.cz/oblasti-cinnosti/povrchova-uprava/105-povrchova-uprava/200-zarove-zinkovani>
- [23] Moření a leštění. In: *Ústav strojírenské technologie* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: https://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hpu_renovace_a_povrchove_upravy_moreni_a_lesteni_2018_kubicek.pdf
- [24] *GALVANICKÉ ZINKOVÁNÍ* [online]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=87110. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [25] Nátěry kovů. In: *Publi.cz* [online]. 2024, 2011-2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/166/13.html>
- [26] *Používání chemických látek: v zemědělství, ve vodárenství, při povrchových úpravách materiálů, v čerpacích stanicích pohonných hmot.* Vyd. 3. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, c2012. ISBN isbn978-80-87676-00-4.
- [27] ELEKTROLYTICKÉ LEŠTĚNÍ. In: *ELLIT PLUS* [online]. 2019 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.ellit.cz/elektrolyticke-lesteni/>

- [28] GALVANICKÉ ZINKOVÁNÍ. In: *Galva* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.galva.cz/zinkovani/>
- [29] Co je to galvanické zinkování. In: *Massag* [online]. 2020 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://massag.com/blog/1587-co-je-to-galvanicke-zinkovani>
- [30] Galvanické pokovování a zinkování kovu i kovových výrobků po celé ČR. In: *Cvp galvanika* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.cvp-galvanika.cz/pokovovani-zinkovani>
- [31] Žárové stříkání, metalizace a šopování. In: *MetalProtection* [online]. 2019, 2015-2019 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <http://www.metalprotection.cz/zarove-strikani-metalizace-sopovani>
- [32] Plynové metalizační zařízení MK73. In: *Trytech* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.trytech.cz/plynove-metalizacni-zarizeni/plynove-metalizacni-zarizeni-mk73/>
- [33] Sherardizace. In: *Fabmann* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://cz.fabmann-jp.com/metal-surface-treatment/sherardizing.html>
- [34] Speciální kovové povlaky. In: *EMP* [online]. 2023 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.ib.cvut.cz/doku.php?id=kpovlak:spovlak>
- [35] KOPECKÝ, Bc. Jakub. *NÁTĚROVÉ SYSTÉMY PRO KOROZNÍ PROSTŘEDÍ C3 - C5* [online]. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STROJNÍ, 2015 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/63607/F2-DP-2015-Kopecky-Jakub-Naterove%20systemy%20pro%20korozni%20prostredi%20C3-C5.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STROJNÍ Ústav strojírenské technologie.
- [36] BEDNÁŘOVÁ, Mgr. Nataša. ČSN EN 13858 (038542) Ochrana kovů proti korozi - Neelektrolyticky nanášené mikrolamelové povlaky zinku na součástech ze železa nebo z oceli. In: *Technor* [online]. 2022 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-en-13858-038542-163101.html#>
- [37] HAVRÁNKOVÁ, Ing. Zdeňka. ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ PONOREM - ZÁKLADNÍ INFORMACE PRO UŽIVATELE. In: *Asociace českých a slovenských zinkoven* [online]. 2011 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <http://www.acsz.cz/clanek/zarove-zinkovani-ponorem-zakladni-informace-pro-uzivatele/>
- [38] Žárové zinkování. In: *Wiegel* [online]. 2013 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: https://wiegel.cz/fileadmin/redaktion/files-allgemein/Feuerverzinken/cz/WIEGEL_2013-11_InformaceProZaroveZinkovani_cz.pdf
- [39] Zinkování. In: *Střední škola Oselce* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.stredniskolaoselce.cz/data/download/file/okal/Zinkov%C3%A1n%C3%AD.pdf>
- [40] Žárové zinkování oceli. In: *Kovopolotovary* [online]. 2019 - 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.kovopolotovary.cz/zarove-zinkovani-oceli-a3230.htm?cook=set>
- [41] STRZYŽ, Ing. Petr a Ing. René SIOSTRZONEK, PH.D. Duplexní povlaky ocelových konstrukcí. In: *Tzbinfo* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/ocelove-konstrukce/15135-duplexni-povlaky-ocelovych-konstrukci>

- [42] Zinkování materiálů. In: *Ort* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://ortnb.cz/zinkovani>
- [43] Technický údajový list. In: *Valspar* [online]. 2013 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: https://www.valsparindustrialmix.com/emea/cz/downloads/S2_Zinc_Galv_Steel.pdf
- [44] Žárově Pozinkovaná Kulatá Trubka Z Hliníku A Zinku. In: *Gnee Pipe* [online]. 2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://cz.baogangpipe.com/galvanized-steel-pipe/hot-dip-aluminum-zinc-plated-round-tube.html>
- [45] *Jaká je hlavní funkce žárově zinkované ocelové trubky?* [online]. In: . 2023 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <http://m.cz.galvanized-sheets.com/info/what-is-the-main-function-of-hot-dip-galvanize-89838078.html>
- [46] Čištění odpadního vzduchu ze zinkovací linky. In: *Wiegel* [online]. 2024, 2012-2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://wiegel.cz/zivotni-prostredi/aktivni-ochrana-zivotniho-prostredi/cistení-odpadního-vzduchu-ze-zinkovací-linky/>
- [47] Zinek - kovy, vývoj ceny surovin. *Kurzy.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/komodity/zinek/>
- [48] *Plyn- cena plynu* [online]. 2024 [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: https://www.kurzy.cz/plyn/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw8J6wBhDXARIsAPo7QA_IV_MM6c976F6W3QCqW3bgzug2uySU4943zNGBTzWLLizqyck2-csaAgx8EALw_wcB