

**Soutěžní příspěvek na konferenci STOČ 2007  
k diplomové práci**

**VYUŽITÍ NEURONOVÝCH SÍTÍ PRO PREDIKCI VAD INGOTŮ**

**Jan Bažacký**  
**Katedra automatizace a výpočetní techniky v metalurgii**  
**VŠB – TU Ostrava, 27.3.2007**

## **Hlavní cíle práce**

Hlavní cíle této diplomové práce jsou:

1. Popsat teoreticky výrobu oceli a výrobu ingotů (včetně procesů lití a tuhnutí v kokilách)
2. Analyzovat vady ingotů, provést jejich rozřídění, zjistit jejich příčiny a také vhodné způsoby odstraňování těchto vad
3. Provést teoretický rozbor neuronových sítí
4. Zpracovat data z ocelárny VÍTKOVICE MACHINERY a.s., sestavit model pomocí programu Statistica – neuronové sítě a za pomoci tohoto modelu vyhodnotit zpracované data
5. Navrhnout opatření, která zlepší situaci na ocelárně na základě modelu a předchozí analýzy vad ingotů a popisu modelovaného procesu

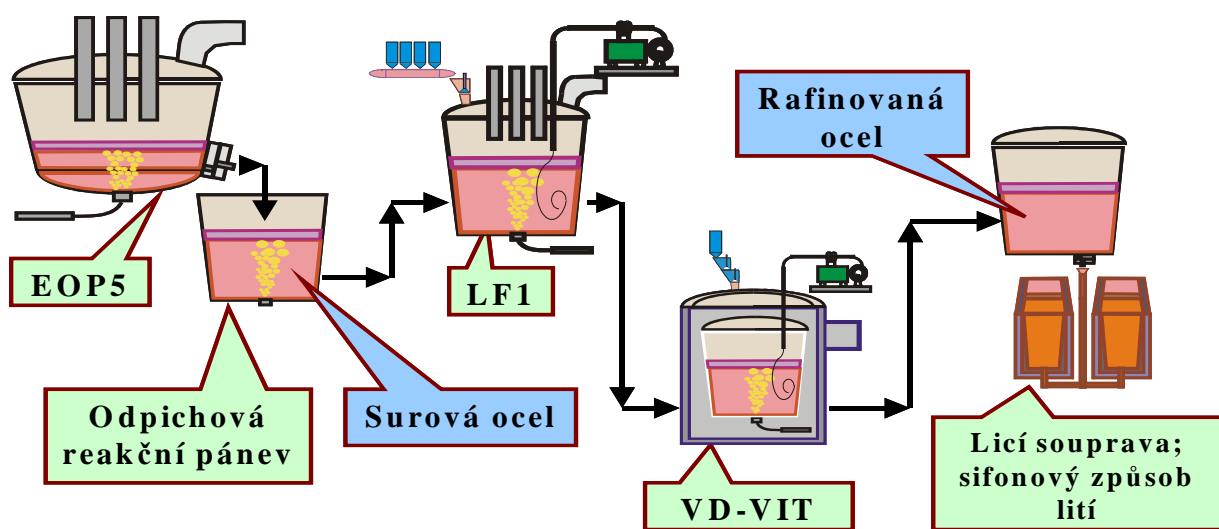
## **Popis technologie výroby ingotů**

Ve výrobě oceli (a potažmo ingotů) je poměrně velká konkurence a i požadavky zákazníků jsou náročnější. Nejen na kvalitu dodávky ingotů, ale i na čas dodávky. Zmetky ve výrobě samozřejmě snižují hodnotu i čas vyhotovení zakázky a tím prestiž firmy. Proto je třeba jejich množství snižovat a pokud možno úplně eliminovat. Tato diplomová práce se snaží řešit tento problém za pomoci neuronových sítí, které dokáží odhalit pravděpodobné příčiny vad ingotů.

Ocel se dříve vyráběla hlavně v Siemens-Martinských pecích, ty se však později přestavovaly na tandemové pece, u kterých se výrazně snížily náklady na výrobu oceli. Dále se používají pece elektrické. Třetí a dnes často využívaný způsob je výroba oceli v kyslíkových konvertorech.

V našem případě řešíme systém, který je zaveden v ocelárně firmy VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. Zde se používá elektrická oblouková pec, pánvová pec, stanice pro mimopecní vakuové zpracování a odlévání do mnoha typů licích souprav. Odlévání se provádí do licích forem a kokilových souprav. Výrobní proces začíná elektrickou obloukovou pecí č.5 (nejdůležitější fáze výroby oceli v této peci jsou sázení, tavba a odpich), dále tavenina odlitá v pánvi míří na přihřev na pánvové peci a poté k sekundárnímu zpracování na vakuovací stanici. Vakuováním se v oceli snižuje obsah vodíku, kyslíku, někdy i dusíku a dalších plynů. Nízké obsahy vodíku ve vakuované oceli umožňují omezit dlouhodobé a

nákladné protivločkové žihání výkovků (popř. vývalků), a zároveň odstraňují nebezpečí vzniku vodíkových trhlinek. Nízké obsahy dusíku zabraňují stárnutí oceli (projevem stárnutí je snížení plastických vlastností materiálu). Po vakuování se odlévá tavenina do kokil a licích forem a to spodem, sifonovým způsobem. Schéma celého procesu je na Obrázku 1. Základní kroky v celém procesu jsou sázení, tavba, odpich a odlévání oceli do kokil. Na kvalitu vyráběných ingotů mají pak vliv zejména přísady (rozhodující je jejich chemické složení), průběh teplot (teplota tavení, teplota lití) a rychlost (rychlost tavení, rychlost lití). Poslední fází je poté tuhnutí oceli v kokilách. I tento proces ovlivňuje kvalitu ingotů.



Obrázek 1 - Hlavní výrobní schéma v Ocelárně II., společnosti VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY, a.s. [1]

## Vady ingotů

Vlivy na jakost ingotů jsou více nebo méně kontrolovatelné a možnosti vzniku vad ingotů jsou tak rozsáhlé, že lze říci, že neexistují absolutně bezvadé ingoty. Velkému počtu vlivů na kvalitu ingotů odpovídá i velký počet možných vad či jejich kombinací. Vady ingotu jsou nejčastěji děleny na vnitřní a vnější. Mezi hlavní skupiny vad patří vady rozměrů a tvaru, vady povrchu, necelistvosti, vady makrostruktury, vady mikrostruktury, nedodržení předepsaného značení ingotu a jiné vlivy (zjišťují se laboratorními zkouškami). Mezi hlavní zástupce konkrétních vad jmenujme:

- Bubliny
- Šupiny a zálitky
- Zavaleniny

- Stažení a osová řediny v těle ingotu
- Nekomové vměstky a cizí příměsi
- Chemická nestejnorodost ingotu a velká krystalizace ingotu
- Nesprávné chemické složení
- Prasklin a trhliny

V případě ocelárny fa VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. se jedná zvláště o trhliny a praskliny. Trhliny se objevují podélné na stěnách a patě ingotu, popř. podélné na jeho hranách. Také by bylo možno říci jedním slovem, že se jedná o necelistvosti. Příčiny tohoto stavu mohou být různé. Nejčastěji jde o vysokou teplotu lití, špatnou rychlost odlévání, omezení smršťování, vysokou teplotu oceli, nesprávnou konstrukci kokily, vady kokily, nevhodný tvar kokily či větší znečištění na povrchu kokily. Na vině může být stejně tak i nepříznivé chemické složení oceli. Těchto aspektů je ale samozřejmě více. Nicméně tyto trhliny jsou hlavním tématem této práce. Za pomoci neuronových sítí se v další části tato práce pokusí objasnit konkrétní vlivy, které působí na kvalitu ingotu a pokusí se navrhnout řešení tohoto stavu.

## **Neuronové sítě**

Teorie neuronových sítí je matematický rozbor činnosti neuronových sítí. Řeší problémy neuronových sítí jako dynamické systémy ve všeobecnosti, teoretické rozboru návrhu topologie neuronových sítí apod. Matematický popis chování neuronové sítě je velmi náročný. Simulace neuronových sítí je pak simulací neuronových sítí pomocí počítačových systémů. Hlavním problémem simulace je naučit neuronovou síť na něco. Proces učení je velmi časově náročný a vyžaduje velké výpočtové systémy. Implementace neuronové sítě, jde o implementaci naučené neuronové sítě do hardwarové formy. Všechny tři oblasti úzce souvisí, ale v současné situaci možnosti využití výpočetní techniky zažívající velký rozvoj. Základním prvkem neuronových sítí je neuron. [2] Neuron, který se využívá pro modelování se nazývá formální neuron (je součástí matematických modelů). Původní neuron, dle kterého byl takto popsán a vytvořen se jmenuje biologický neuron (je součástí živých organismů). Co se neuronových sítí týče, nejdůležitější jsou tyto jejich funkce. Práce samotné neuronové sítě, druhy dynamik, způsob učení se a aktivační funkce (neuron má svou vnitřní aktivitu, která je závislá na jeho historii a na dráždění ostatními neurony nebo receptory. Pokud tato aktivita přesáhne určitý práh, neuron vyšle po neuritu signál). [3]

## **Statistica – neuronové sítě**

Statistica – neuronové sítě je program, který na základě rozříděných vstupních dat (tomuto souboru se říká trénování množina) sestaví modely neuronových sítí (včetně všech prvků jako je topologie atd.). Z vytvořených sítí poté bude vybrána ta nejvhodnější a na jejím základě bude vypsáno odpovídající řešení. V našem případě tedy pořadí aspektů, které se podílely na vzniku vady (trhlin). Na základě těchto hodnocení je možné si zobrazit i tzv. odezvoový graf, který vyjadřuje vliv daného vstupu na systém.

Vstupem tedy v této práci je soubor vytvořený v MS Excel. Tento soubor obsahuje seříděná data. Data v sobě nesou informace o průběhu tavy různých druhů ingotů. Pro rozbor v programu Statistica byl tedy zatím vybrán ingot s označením K21sF.

## **Rozbor dat pomocí Statisticy**

Program provedl citlivostní analýzu dat a došel k těmto závěrům. Největší vliv na vznik vady měly aspekty v tomto pořadí. Tavič pánové pece, rozdělovací koeficient síry, optická bazicita, obsah měďi a cínu, obsah vodíku.

## **Možná řešení**

Řešením této situace by tedy např. dočasná změna zaměstnance – odpovědného technologického pracovníka na příslušných postech ocelárny (taviče, odlévače atd.), (dočasná z toho důvodu, že se může jednat pouze o náhodu, která danému zaměstnanci „poslala pod ruku“ více taveb, náchylných ke vzniku vad než jeho kolegům a toto je nutné ověřit), použití stanice pro vakuování jiného typu, změna – výběr jiného DTP pro dané požadavky na výrobu (chemického složení oceli – teploty), lepší odsíření, vhodný by byl i zásah do struskových režimů.

## **Další postup mé práce**

- Dále budu navrhovat další sítě s různými modifikacemi (vyhodnocení dalších vlivů – např. pracovní nekázeň atd.)
- Mezi aspekty bude zahrnuto i časové hledisko tavy
- Vytvořím tzv. odezvové grafy (tyto grafy vyjadřují vliv daného vstupu na systém )
- Tyto možnosti budu zkoušet na více množinách dat (různé typy ingotů)

## **Závěr**

Již nyní mohu z prvních výsledků říci, že použití neuronových sítí pro řešení daného problému je vhodnou a poměrně spolehlivou metodou. Prozatímní výsledky ukázaly několik podstatných vlivů na kvalitu ingotu, nicméně předběžně mohu říci, že u různých typů ingotů se budou tyto aspekty často lišit. Je proto předběžné dělat kompletní závěr, protože jsou známy výsledky pouze u jednoho typu ingotů. Nicméně největší mírou se dle analýzy na vznik vady podílel tavič pánové pece. Přesnější závěr a vyhodnocení bude obsaženo v závěru mé diplomové práce po jejím dokončení.

## **Použitá literatura a zdroje**

- [1] Ondřej Zimný, Diplomová práce, VŠB-TU Ostrava, 2006
- [2] [http://athena.fi.muni.cz/projekty/uvod\\_do\\_inference/html/aplikace/neuronsite.htm](http://athena.fi.muni.cz/projekty/uvod_do_inference/html/aplikace/neuronsite.htm)  
cit. 24.3.2007
- [3] JANČÍKOVÁ, Z. Přednášky z předmětu Modelování a simulace
- [4] WROŽINA, M. Přednášky z předmětu ASŘT
- [5] LEVÍČEK, P., STRÁNSKÝ, K., Metalurgické vady ocelových odlitků (příčiny a odstraňování), SNTL, Praha, 1984
- [6] KONEČNÁ P., Analýza jakostních problémů ocelárny. Bakalářská práce, VŠB -TU Ostrava, 2006.
- [7] BROŽ, L. a kol.: Hutnictví železa, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha1, 1988
- [8] ČÁP, A., Základy metalurgie a surového železa a oceli, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha1, 1962
- [9] CHVOJKA, J., Vady ingotů, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha1, 1968
- [10] MALINKINA, E.L., Vznik trhlin při teplem zpracování oceli, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha1, 1961