MISKOLCI EGYETEM

ANYAG- ÉS KOHÓMÉRNÖKI KAR
HŐENERGIAGAZDÁLKODÁSI INTÉZET
ENERGIAHASZNOSÍTÁSI TANSZÉK

NO_X EMISSZIÓ CSÖKKENTÉSE OSZTOTT TÜZELÉSSEL ACÉLIPARI IZZÍTÓKEMENCÉKNÉL

Ph.D. értekezés tézisei

készítette:

Németh Szabolcs
okl. kohómérnök

témavezető:

Dr. Palotás Árpád
egyetemi docens
a műszaki tudományok kandidátusa

Miskolc, 2001.

A KUTATÓMUNKA HÁTTERE ÉS CÉLKITŰZÉSEI

A gáznemű tüzelőanyagok tüzelése során keletkező nitrogénoxidok a kénoxidok mellett a legveszélyesebb légkörszennyezők. Káros hatásuk egyre nő a gáztüzelés arányának növekedésével a fejlett ipari országokban és hazánkban egyaránt. Ezért az égető és tüzelőberendezések valamint a fosszilis energiával működő egyéb rendszerek fejlesztésénél a "klasszikus" célok – a megfelelő hőigény és a jobb energetikai hatásfok biztosítása – mellett egyre jelentősebb szerepet kapnak a környezetvédelmi elvárások.

Gáznemű tüzelőanyagok alkalmazása esetén különös hangsúlyt kap a nitrogénoxid kibocsátás csökkentése. A globális NO_x -emisszió túlnyomó része a közlekedésből, a kommunális tüzelőberendezésekből, valamint a fosszilis- és gáztüzelésű erőművekből származik. A kohászatban a legnagyobb energiafogyasztók és az egyik legjelentősebb NO_x kibocsátók a kemencék.

Az elmúlt évtized során jelentős kutatások folytak az NO képződés feltételeinek és mechanizmusainak pontosabb megismerésére. Ezek alapján számos új "alacsony NO_x -emissziójú" égőcsaládot, tüzelési eljárást fejlesztettek ki világszerte. Megállapították, hogy gázhalmazállapotú tüzelőanyagok égése során, amennyiben a tüzelőanyag nem tartalmaz nitrogén vegyületeket, akkor a "Thermo NO" és a "Prompt NO" mechanizmusokon keresztül képződik az NO_x. Továbbra is nehézséget jelent az NO képződés számítás útján történő meghatározása. A "Thermo" mechanizmuson alapuló kinetikai modellek jelentősen alulbecsülhetik a képződő NO mennyiségét, továbbá a "Prompt" reakciók aránya sem tisztázott pontosan.

Az égési folyamatok modellezését nehezíti, hogy például csak a metán égése során egyidejűleg több száz reakció játszódik le. Az égési reakciók helyes megválasztása determinálja a modell pontosságát és érvényességi tartományát. Különösen bonyolult a helyzet az acélbuga-izzító kemencék tűztereinek esetén ahol a tűztér több zónából áll. A különböző zónákba épített égők a technológiai igényeknek megfelelően különböző teljesítményűek és különböző típusúak, továbbá a zónák technológiai hőmérséklete sem azonos. A kemencék teljesítménye (ezzel a hő-bevitel) folyamatosan változik, így folyamatosan változnak a tűztér áramlási, sebességi viszonyai, a füstgáz összetétele és az égési reakciók kinetikai és egyensúlyi viszonyai is.

Ha megfelelő pontossággal kívánjuk vizsgálni, modellezni és befolyásolni a kemence tűzterében képződő NO_x mennyiségét, akkor berendezés-specifikus vizsgálatokra, gyakorlati mérések útján szerzett adatokra van elsősorban szükség.

Tolókemencék energiafelhasználását és károsanyag-kibocsátását az alkalmazott hevítési technológia, a kemence égő- és tüzelőberendezéseinek

műszaki paraméterei határozzák meg. A Dunaferr Acélművek Kft. Meleghengerművében üzemelő tolókemencéknél az 1999. július – augusztusában a tüzelőrendszeren végrehajtott átépítéseknek köszönhetően, mód van számos primer NO_x -képződést csökkentő eljárás alkalmazására. Így a tűztér zónáiban, a hevítési technológia jelentős változtatása nélkül, az égési folyamatok közvetlenül befolyásolhatóak.

Kutatómunkám az acélipari tolókemencék munkaterében (az izzítási technológia hőmérsékletén és kemencetér-atmoszférájában), képződő NO_x mennyiségének csökkentésére irányult. A lehetséges eljárások közül, a szakaszos tüzeléssel, (szekunder tüzelőanyag és égési levegő bevezetéssel, "lassított" égéssel és újraégetéssel) elérhető hatásokat vizsgáltam földgáz és kamragáz tüzelés alkalmazása mellett.

AZ ELVÉGZETT KÍSÉRLETEK

Kísérleteim a félüzemi (laboratóriumi) és az üzemi mérések két nagy csoportjába sorolhatóak. Továbbá a laboratóriumi méréseket földgáz- és szintetikus kamragáz-üzemű vizsgálatokra osztottam.

Félüzemi kísérletek.

A félüzemi kísérleteket a Miskolci Egyetem Tüzeléstani Tanszékén, az OTKA-7451 kutatás keretében épített 50 kW hőteljesítményű kísérleti kemencén végeztem.

A földgázüzemű méréseim során, az acélbuga izzítási technológiának megfelelően a lehetséges legszélesebb hőmérséklet-tartományt vizsgáltam. A vizsgált tartományokat az 1150–1200 °C, 1200–1250 °C, 1250–1300 °C értékhatárok jellemzik. Ugyancsak széles tartományban változtattam a levegőtényezőt, amely a kemenceatmoszféra oxigén-koncentrációját határozza meg. Általánosan az 1,05; 1,1; 1,2; 1,3; értékeket, valamint egy adott hőmérséklet tartományban a 0,9 és 1,4 arányoknak megfelelő beállításokat is vizsgáltam. (A megadott arányszámok a kemence "teljes", összesített levegőtényezőjét fejezik ki.)

A kamragázzal végzett kísérletek során a vizsgált hőmérséklettartományt és az alkalmazott légfelesleget is már szűkebb tartományban, a DV II. tolókemence alsó izzító zónáiban alkalmazott hevítési technológiának megfelelően (1200–1300 °C) választottam meg. A vizsgálatok célja az elérhető NO_x -emisszió csökkentés mértékének meghatározása mellett az ipari alkalmazás előkészítése volt.

A képződő NO_x mennyiségének csökkentése céljából a szakaszos tüzelés

során a tűzteret alapvetően kettő (primer és szekunder), valamint egy további tercier zónára osztottam, ahol különböző hőmérsékleti és füstgáz összetételi viszonyokat alakítottam ki osztott tüzelőanyag és égési levegő bevezetéssel.

A félüzemi kísérletek során állandó hőbevitelű, azaz "hőntartó" és növelt hőbevitelű méréseket végeztem. A hőntartó sorozatok esetében a kísérleti kemencébe juttatott gáz és égési levegő térfogatáramát tartottam állandó értéken, miközben a primer és a szekunder bevezetés arányát változtattam. Így a primer zóna után egy tüzelőanyagban dús átmeneti redukáló zónát alakítottam ki, amelynek NO_x -kibocsátás csökkentő hatását vizsgáltam. Majd a lokális tercier kiégető zónában szekunder égési levegő bevitellel visszaállítottam az "eredeti" primer zóna viszonyait, ezzel megszüntetve a redukáló atmoszféra hatását. Mivel ez esetben a primer zóna gáz és levegő térfogatáramát változtattam (arányukat megtartva de mennyiségüket csökkentetve), változtak a primer zóna áramlási- és sebességi viszonyai, a láng mérete, fizikai paraméterei. A nem stacioner állapotból fakadóan pedig változhatott a primer zónában képződött NO_x mennyisége. Ugyanakkor nem változott a bejutatott összes hőmennyiség, így a tüzelőberendezés fajlagos energia felhasználása sem. Üzemi, termelő berendezések esetén csak ez a módszer kerülhet alkalmazásra a gyakorlatban.

A növelt hőbevitelű vizsgálatok során a primer zónába juttatott tüzelőanyag és égési levegő térfogatáramát tartottam állandó értéken, így a primer zóna változatlan (bázis) NO_x -koncentráció értékei mellett vizsgáltam a szekunder (többlet) gázbevitellel kialakított redukáló zóna NO_x -tartalmat csökkentő hatását. Majd a "hőntartó" sorozatok vizsgálataihoz hasonlóan, a lokális tercier zónában szekunder égési levegő bevitelével állítottam vissza az "eredeti", a primer zóna viszonyait. Ez a módszer közvetlenül nem alkalmazható ipari berendezésen, mert rontaná a fajlagos energiafelhasználást, ezért csak földgáztüzelés esetében vizsgáltam.

Az alkalmazható tüzelési paramétereket behatárolják a technológia követelményei. Az acél képlékeny melegalakításának hőmérséklete meghatározza az acélizzító kemencék technológiai hőmérsékletét. A hevítési technológia során alkalmazott légfelesleg a kemence fajlagos energiafelhasználását és a füstgázösszetételt befolyásolja. További elvárás a tűztér egyes zónáiban a reveszegény izzítás atmoszférájának biztosítása.

Ezért szigorú technológiai előírásokat kellett betartani a vizsgált jellemzők megválasztása és befolyásolása során. A kemence tűzterének technológiai hőmérsékletét, és az alkalmazott összesített légfelesleget csak nagyon szűk tartományokon belül befolyásolhattam. Ugyanakkor az eszközölt változtatások a kemence fajlagos energiafelhasználását sem ronthatták.

Az acélizzító kemencék technológiai hőmérsékletét az 1150–1300 °C tartomány jellemzi. Azonban a kemencék hosszmetszete mentén a tűztér

különböző zónáiban, viszonylag kis mértékben eltérő technológiai hőmérséklettel üzemelnek. Így mód van a hőmérséklet szűk tartományon belüli változtatására, és az ennek megfelelő hatás vizsgálatára. A tűzterek egyes zónáiban alkalmazott légfelesleg jelentősen különbözhet. Energetikai okokból az alacsonyabb értékek alkalmazása a célszerűbb, de a légfelesleg megválasztását számos más tényező is befolyásolja (pl. tüzelőanyag fajtája, az izzított acélbuga anyagminősége, specifikus hevítési technológia alkalmazása, füstgáz hőhasznosítók védelme, stb.)

Üzemi kísérletek

A félüzemi vizsgálatok eredményeire alapozva, a DUNAFERR Meleghengerműben üzemi viszonyok mellett, 170 t/h kapacitású tolókemencén is vizsgáltam a szekunder gázbevezetés (késleltetett égés, lassú keverés, újra- illetve utóégetés) hatását az NO_x -kibocsátás csökkentésére. Az ipari vizsgálatok során, a legjelentősebb NO_x forrásra, a kemence alsó izzító zónáiban képződő NO_x mennyiségének csökkentésére koncentráltam.

A tolókemence, alsó izzító zónáiban alkalmazott osztott tüzelőanyag bevezetéssel, közvetlenül befolyásolható és vizsgálható a kialakított "átmeneti" redukáló zóna hatása a kemence NO_x -emissziójára. Az üzemi mérések során a kemence hőteljesítménye – mely elsősorban az áttolt, és izzítandó buga mennyiségének függvénye – folyamatosan és jelentősen változott. Így a technológiától függően, valós üzemi körülmények között végezhettem vizsgálataimat.

A VIZSGÁLATOKKAL NYERT TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Az acélizzító kemencék technológiai hőmérsékletén és kemencetér atmoszféráján a NO_x -emisszió csökkentés szempontjából a több-fokozatú tüzelés leghatékonyabb módja a gáztérfogatáram egy részének az égőtől elválasztva történő bevezetése.

1., Az NO_x -emisszió csökkentés mértékére a legjelentősebb hatást az égőn kívül bejutatott tüzelőanyag térfogatáram hányada gyakorolja.

A félüzemi kísérleti kemencén végzett vizsgálataim alapján az alábbi megállapításokra jutottam:

2., 1150–1300 °C hőmérséklet tartományban, λ = 1,05 – 1,3 levegőtényező mellett (ha a megadott arányszámok a kemence teljes levegőtényezőjét fejezik ki) a kemence NO_x -emissziója 54-84 NO_x ppm(v) (3 tf% O_2)

bázis értékekről 17-38 NO_x ppm(v) (3 tf% O_2)-re csökkenthető.

- A vizsgált hőmérséklet tartományban a szekunder tüzelőanyag-bevitel hatása magasabb hőmérsékleten jelentősebb NO_x -emisszió csökkentést eredményez.

- Kisebb levegőtényezők alkalmazása esetén a NO_x -kibocsátás mértéke tovább csökkenthető.

- A NO_x -emisszió csökkentést leíró függvények görbéinek meredeksége nagyobb az átmeneti redukáló zónák λ = 0,7-0,9 levegőtényező értékei mellett.

A rendszerből távozó füstgáz NO_x -koncentráció csökkenése $[NO_{x\,3\%O2}]$, ppm(v)-ben, száraz 3 tf % O_2 tartalmú füstgázra vonatkoztatva az alábbi függvényekkel írható le különböző levegőtényezők (λ) eseteire:

$$[NO_{x\,3\%O2}]_{\lambda=1.05} = 15487{,}73\cdot(T_k/1000) - 6443{,}57\cdot(T_k/1000)^2 - 15{,}9\cdot(Q_{szek}) + 0{,}93\cdot(Q_{szek})^2 - 12{,}86\cdot(Q_{telj})^2,$$

$$[NO_{x\,3\%O2}]_{\lambda=1.1} = 14026\cdot(T_k/1000) - 5720\cdot(T_k/1000)^2 - 15\cdot(Q_{szek}) + (Q_{szek})^2 - 13\cdot(Q_{telj})^2,$$

$$[NO_{x\,3\%O2}]_{\lambda=1.2} = 7990{,}4\cdot(T_k/1000) - 3353{,}3\cdot(T_k/1000)^2 - 7{,}26\cdot(Q_{szek}) + 0{,}1\cdot(Q_{szek})^2 - 62{,}4\cdot(Q_{telj})^2,$$

$$[NO_{x\,3\%O2}]_{\lambda=1.3} = 1191{,}02\cdot(T_k/1000) - 4841{,}7\cdot(T_k/1000)^2 + 22{,}28\cdot(Q_{szek}) + 0{,}88\cdot(Q_{szek})^2 - 4{,}23\cdot(Q_{telj})^2,$$

ahol a független változók: T_k - kemencetér hőmérséklete, °C; Q_{telj} - bevitt teljes hőmennyiség, kW; Q_{szek} - bevitt szekunder hőmennyiség, kW.

A szintetikus kamragázzal végzett félüzemi kísérleteim alapján az alábbi megállapítások tehetők:

3., A gyorsabb égést és a magasabb lánghőmérsékletet biztosító kamragáztüzelés esetén, a vizsgált hőmérséklet tartományban (1200-1300 °C) a kemence NO_x -emissziója 40-50%-kal nagyobb mint földgáztüzelésnél. Az eljárással az NO_x -emisszió 99-118 NO_x ppm(v) (3 tf% O_2) bázis értékekről 17-38 NO_x ppm(v) (3 tf% O_2)-re csökkenthető.

– A vizsgált tüzelőanyagok vonatkozásában a magasabb primer (bázis) NO_x értékek mellett érhető el jelentősebb NO_x -emisszió csökkentés.

A távozó füstgáz NO_x -koncentrációja az alábbi függvényekkel írható le, különböző levegőtényezőkre vonatkozóan:

$$[NO_{x\,3\%O2}]_{\lambda=1.1} = -4451{,}5\cdot(T_k/1000) + 1679{,}4\cdot(T_k/1000)^2 - 3{,}9\cdot(Q_{szek}) + +0{,}1\cdot(Q_{szek})^2 + 234{,}4\cdot(Q_{telj}) - 4{,}6\cdot(Q_{telj})^2,$$

$$[NO_{x\,3\%O2}]_{\lambda=1.2} = 10250\cdot(T_k/1000) - 3974\cdot(T_k/1000)^2 - 16\cdot(Q_{szek}) - -487\cdot(Q_{telj}) + 9\cdot(Q_{telj})^2,$$

$$[NO_{x\,3\%O2}]_{\lambda=1.3} = -3955{,}7\cdot(T_k/1000) + 1646\cdot(T_k/1000)^2 - 19{,}5\cdot(Q_{szek}) + +1{,}4\cdot(Q_{szek})^2 + 191{,}7\cdot(Q_{telj}) - 3{,}7\cdot(Q_{telj})^2,$$

$$[NO_{x\,3\%O2}]_{\lambda=1.4} = 29123\cdot(T_k/1000) - 11336\cdot(T_k/1000)^2 - 14\cdot(Q_{szek}) + +(Q_{szek})^2 - 1461\cdot(Q_{telj}) + 29\cdot(Q_{telj})^2.$$

A kamragáz tüzelésű tolókemencén végzett üzemi vizsgálatok alapján az alábbi megállapítások tehetők:

4., A tolókemence NO_x -emissziója 40-240 GJ/h hőterhelés mellett 350-450 NO_x ppm(v) (3 tf% O_2). Az alsó izzító zónákba történő 10-15 %-os szekunder gázbevezetéssel elérhető NO_x -emisszió csökkenés mértéke 15-20%, a 35-40%-os szekundergáz bevezetésnél 25-30%, 100%-os szekunder gázbevezetés estén 45-50%.

– A NO_x -emisszió csökkentésének maximuma a VI. és a VII. zónák együttes 100%-os szekunder gázbevezetésével érhető el, a kemence teljes NO_x -kibocsátására a nagyobb hőbevitelű zóna hatása a meghatározó.

– Az elérhető NO_x -emisszió csökkentés mértéke és a kemence üzembiztonsága figyelembevételével a 35-40%-os szekunder gázbevezetés alkalmazása a legkedvezőbb.

A vizsgált tolókemence VI-os; VII-es zónájának, valamint a VI + VII-es zónák együttes, szekunder gázbevezetésének hatása alapján, a kemence NO_x -kibocsátása az alábbi függvényekkel írható le:

(A megállapítások eredményei a DV II. sz. tolókemence alsó izzító zónáinak 1150–1300 °C hőmérséklet tartományára, valamint a tűztér adott geometriai kialakítására vonatkoznak.)

A VI. zóna befolyásolásával:

$$[NO_{x\,3\%O2}] = 237{,}5\cdot T_{kVI} - 1{,}915\cdot 10^{-1}\cdot (T_{kVI})^2 + 7043{,}3\cdot \lambda_{VI} - 3725{,}7\cdot (\lambda_{VI})^2 - 194{,}7\cdot Q_{teljkem} + 1{,}9\cdot (Q_{teljkem})^2 + 1825{,}5\cdot Q_{szekVI} - 47\,(Q_{szekVI})^2 + 0{,}5\cdot (Q_{szekVI})^3,$$

A VII. zóna befolyásolásával:

$$[NO_{x\,3\%O2}] = 126{,}8\cdot T_{kVII} - 9{,}9\cdot 10^{-2}\cdot (T_{kVII})^2 + 322{,}27\cdot \lambda_{VII} - 221{,}67\cdot (\lambda_{VII})^2 + 168{,}03\cdot Q_{teljkem} - 2{,}24\cdot (Q_{teljkem})^2 + 5\cdot 10^{-3}\cdot (Q_{teljkem})^3 + 331{,}863\cdot Q_{szekVII} - 389{,}03\cdot (Q_{szekVII})^2 + 146{,}3\cdot (Q_{szekVII})^3,$$

A VI. + VII. zóna együttes befolyásolásával:

$$[NO_{x\,3\%O2}] = 1\cdot 10^{-2}\cdot T_{kVI} + 22{,}28\cdot \lambda_{VI} - 3{,}72\cdot (\lambda_{VI})^2 - 9\cdot 10^{-3}\cdot T_{kVII} + 41{,}26\cdot \lambda_{VII} - 30{,}68\cdot (\lambda_{VII})^2 - 1{,}77\cdot Q_{teljkem} + 1{,}7\cdot 10^{-2}\cdot (Q_{teljkem})^2 - 12{,}47\cdot Q_{szekVI+VII} + 4{,}8\cdot 10^{-1}\cdot (Q_{szekVI+VII})^2,$$

ahol a független változók: T_{kVI} - a VI. zóna hőmérséklete, °C; T_{kVII} - a VII. zóna hőmérséklete, °C; $Q_{teljkem}$ - a kemence teljes hőterhelése, $GJ\cdot h^{-1}$; Q_{szekVI} - a VI. zóna szekunder hőbevitele, $GJ\cdot h^{-1}$; $Q_{szekVII}$ - a VII. zóna szekunder hőbevitele, $GJ\cdot h^{-1}$; $Q_{szekVI+VII}$, pedig a VI. + VII. zóna együttes szekunder hőbevitele, $GJ\cdot h^{-1}$.

A TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1., A vizsgálatok új eredményeket szolgáltattak a primer NO_x -képződést csökkentő módszerekhez tartozó osztott tüzelés (késleltetett égés, újra- illetve utóégetés) hatékonyságára acélbuga izzítókemencék technológiai hőmérsékletén és tűztér-atmoszférája mellett.

2., Az eredmények alapján kidolgozott alkalmazással a vizsgált ipari berendezés NO_x -emissziója jelentősen csökkenthető.

3., A vizsgálatok eredményei új lehetőségeket és szempontokat adhatnak, más magas-hőmérsékletű technológiák tüzelő- és égető berendezéseiből származó NO_x -kibocsátás csökkentésére is.

4., A kutatómunka alapján készített nemzetközi és hazai publikációk, valamint az értekezés anyaga az egyetemi oktatást segítette, betekintést adva a hallgatóknak aktuális ipari problémával foglalkozó kísérletekbe, valamint a tananyagon túl mérési és vizsgálati módszerekbe.

TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓIM

Nyomtatott formában megjelent publikációk:

1. Németh., Sz.: *Examination of NO_x Formation in Pusher-Type Furnace*
   The 5th International Scientific Conference "Energy Transformation in Industry". 12. – 13. Jun 1996. Technical University of Kosice, Slovakia p. 435–442

2. Németh., Sz.: *Velocity Measurement in Hot and Dusty Environment*
   microCAD '98 International Computer Science Conference. 25. – 26. Febr. 1998. University of Miskolc, Hungary p. 93-100

3. Németh., Sz.: *Fluidágyas Közeg Áramlási Viszonyainak Vizsgálata*
   (Velocity Measurements Under Fluidized Bed Conditions)
   Tüzeléstechnika '98 XXXIV. Ipari szeminárium Tudomány és Technika Háza, Miskolc, Hungary p. 53–66

4. Németh., Sz.: *Reburning as a Promising Alternative to Reduce NO_x*
   The 6th International Scientific Conference "Energy Transformations in Industry". 5. – 7. Oct. 1998. Technical University of Kosice, Herlany, Slovakia p. 127–133

5. Tardy., P.; Stefán., M.; Zimonyiné., Z.; Németh., Sz.: *A Magyar Vaskohászat Energiafelhasználása és Energiaköltségei*
   (Energy Consumption and Energy Costs of the Hungarian Iron Metallurgy)
   VIII. Anyag-, Energia és Környezetvédelem a Vaskohászatban 1999. Szeptember 9-10. Balatonszéplak, Hungary p. 1-12

6. Németh., Sz.: *Pilot Scale Measurements of NO_x Reduction by Gas Reburning at Temperatures of Reheating Furnaces*
   A Környezetvédelem Helyzete és Feladatai a Bányászatban és a Kohászatban (konferencia és kiállítás) 1999. október 4-6. Balatonfüred, Hungary p. 209–215

7. Németh., Sz.: *NO_x Reduction by Direct Fuel Injection Method of Coke-oven Gas Fired Pusher-type Furnace*
   microCAD '2000 International Computer Science Conference 23. – 25. February 2000. University of Miskolc, Hungary, p. 91-97.

8. Németh., Sz.: *NO_x -emisszió csökkentése osztott tüzeléssel acélipari izzítókemencéknél*
   BKL Kohászat 2001. 5. 161–165 old.

9. Németh Sz.,: *NO_x -emisszió csökkentés acélipari izzítókemencék technológiai hőmérsékletén és kemencetér-atmoszféráján, osztott tüzelőanyag és égési levegő bevezetéssel.*
(c. cikket az Energiagazdálkodás folyóirat publikációra elfogadta, azonban a disszertáció benyújtásakor nyomtatott formában még nem jelent meg.)

Előadások:

1. Németh., Sz.: *Examination of NO_x Formation in Pusher-Type Furnace*
The 5th International Scientific Conference "Energy Transformation in Industry"
12. – 13. Jun 1996. Technical University of Kosice, Slovakia

2. Németh., Sz.: *Velocity Measurement in Hot and Dusty Environment*
microCAD '98 International Computer Science Conference 25. – 26. Febr. 1998. University of Miskolc, Hungary

3. Németh., Sz.: *Fluidágyas Közeg Áramlási Viszonyainak Vizsgálata*
(Velocity Measurements Under Fluidized Bed Conditions)
Tüzeléstechnika '98 XXXIV. Ipari Szeminárium. Tudomány és Technika Háza, Miskolc, Hungary

4. Németh., Sz.: *Reburning as a Promising Alternative to Reduce NO_x*
The 6th International Scientific Conference "Energy Transformations in Industry". 5. – 7. Oct. 1998. Technical University of Kosice, Herlany, Slovakia

5. Tardy., P.; Stefán., M.; Zimonyiné., Z.; Németh., Sz.: *A Magyar Vaskohászat Energiafelhasználása és Energiaköltségei*
(Energy Consumption and Energy Costs of the Hungarian Iron Metallurgy)
VIII. Anyag-, Energia és Környezetvédelem a Vaskohászatban 1999. Szeptember 9-10. Balatonszéplak, Hungary

6. Németh., Sz.: *Pilot Scale Measurements of NO_x Reduction by Gas Reburning at Temperatures of Reheating Furnaces*
A Környezetvédelem Helyzete és Feladatai a Bányászatban és a Kohászatban (konferencia és kiállítás) 1999. október 4-6. Balatonfüred, Hungary

7. Németh., Sz.: *NO_x Reduction by Direct Fuel Injection Method of Coke-oven Gas Fired Pusher-type Furnace*
microCAD '2000 International Computer Science Conference 23. – 25. February. 2000. University of Miskolc, Hungary