**年間展望(Giesserei, Vol.93, No.8)**

**環境保護(第23報)**

Von Monika Goegge, Manheim

プロセスに組み込まれ環境保護の考え方は鋳造部門において広く受け入れられ、定着し、将来の生産プロセスと環境保護を有効に調和させる手段として理解されるようになった。

G.Wolf[1]はこの傾向を5つの項目について明らかにしている:

１．排出物の少ない装入材料と省エネの技術による排出物の少ないプロセス技術の開発

２．プロセス材料の減量化とリサイクル

３．資源を節約し、エネルギー消費の少ないプロセス

４．リサイクルされた原材料の活用

５．排出物の少ない製品の形成

研究プロジェクトの実施により、排出物を極小化するための統合された環境保護の考えが鋳造分野において適していることが証明される。

実行に移された処置が成功したか否かは環境監査の合否で明らかにされる。R.Quinonenz[2]は、システマティックなデータ取得、すべての付随する残留物の評価ならびに環境マネジメントシステムが要求する管理及び要求される管理特性値を設定するようなコンピュータデータ処理を紹介している。

におい

プロセス統合環境保護の考えは特に臭いの発生の極小化の項目で明らかにされる。

A.Serghini[3]はPUR(ポリウレタン)コールドボックス法における臭い発生の低減について取り組んでいる。そこでは基本的に二つの可能性がある。一つは、ガスクリーニング装置によるにおいの低減で、もう一つは新しい原材料及び材料の装入によるにおい発生の極小化である。ここでは明らかに後者に焦点が当てられている。ここではコールドボックス法のための新しいバインダーシステムの開発が何より重要である。変性溶剤の装入及び無機添加物により臭いは減少させることが出来る。新たに開発されたバインダーシステムによる鉄及び非鉄鋳物工場における試験例が紹介されている。鉄鋳物工場では臭度測定により76%の臭いの減少が確認された。その際粘土粘結鋳型に対しては負の効果は見られなかった。アルミニウム鋳物工場での試験で、排出物量の40%減、臭いの強さの85％低下が認められた。これによってこのコールドボックス法は鋳物工場の臭いの減少に重要な貢献を果すことになった。

G.EderとR.Adam[4]はPUR-コールドボックス法による中子製造において臭いの最小化に対する可能性を紹介している。鋳物工場における臭いの源は非常に多様であることが確認された。これまであまり観察されなかった臭いと有害物質の発生源は中子製造である。コールドボックス法はまさにその過程及び必要な物質の化学作用に基づいて、重大な臭いの源泉となる。中でもアミンがもっとも不快な臭いを引き起こす。さらにバイダーシステムの特有の臭い、又場合によってはアルコール性塗型が問題となる。樹脂／硬化剤システムに関しては、芳香族炭化水素さらには低沸点溶剤を使用しないことで、有害物質の排出及び中子の混練や貯蔵時の臭いの負担を減らすことが出来る。アルコール性塗型の代わりに水性塗型を用いることも同じように臭いの負担の軽減をもたらす。

臭いを減らす方策は、臭いを引き起こすものとして認識されるような物質の忌避、破壊、または変換である。アミン触媒ガスの場合、これを化学的に結合させて、周辺の大気中へ届かないような性状に変えることが重要である。アミンによるある種の芳香油の化学的変換(塩生成反応)が役に立つ。

吸収剤によるアミンの塩生成反応は以下のように進行する[4]；アミン触媒＋有機酸⬄有機塩
 DMEA+H+A- ⬄ DMEAH+X-

 (CH3)2(CH3CH2)N+H+X- ⬄
 (CH3)2(CH3CH2)N-H+X-しかし芳香油を吸い込むと、刺激性炎症やアレルギー反応を引き起こすことがある。これを避けるために、適切な吸収剤を見いだし、これを樹脂中に直接組み込む必要がある。塩生成反応は中子中で進行し、吸収剤又は生成した塩による負担はこれにより排除されうる。有効性の検査及び測定技術のドキュメント作成に、修正嗅覚測定法が援用された。実際の試験では、中子ショップでの新しい粘結剤システムへの変換2時間後にアミンの負担の明確な減少が認められた。さらに2時間後に中子ショップ及び中子貯蔵所の全域でアミンの臭いは全く無くなった。より長期にわたる試験及びMAK値の検査が計画されている。さらに型砂の循環への吸収剤及びアミン塩の影響（場合により起こりうる濃縮）の調査によって、乾燥炉内での有害物質の排出の影響及び他の樹脂システムの使用について明らかにされねばならない。

R.Wintgens[5]は同様にアミンガスの臭いの削減について取り組んでいる。コールドボックス中子の作製の際、そこでは法的規制値を順守しようとするが、アミンの添加により、明らかに知覚しうる臭いの発生がある。ここでの臭いの閾値は法律で規定された限界値以下なのである:
＞作業環境でのアミンの実際のMAK値は8ppm
＞TA Luft(ドイツ、大気汚染防止にかかわるガイドライン)による排気中での実際の限界値は5ppm
＞いくつかの連邦州での地方限界値は1ppmまたは
＞臭いの閾値：0.3～0.5ppm[5]
現代の粘結剤は相当に少ないアミン添加量が要求される。にもかかわらずアミン臭はその魚の腐ったような性質や強い強度のために非常に低い濃度でも潜在的問題となっている。

ガス吹込プロセス及び洗浄プロセスは問題あるとは見られず、それは通常閉じられたシステム内で生ずるもので、酸洗い器に接続されている。重要なのは、中子貯蔵室での新鮮な中子からの排気、あるいは組立板でのその準備にあると考えられる。しばしば排気システムがないか不十分であることが見られる。またさらに非常に低い濃度のアミンの際に必要となる空気量は高い装置コストを招く。芳香油の使用は物理化学的反応によって臭いの低減をもたらす。そのとき芳香油は水で乳化され、損なわれた環境中へ微粒子として噴霧される。しかしこの使用の可能性には限界がある。特にコアショップの湿気に鋭敏な領域では水分の導入が製品の品質に悪影響を与えうる。粘結剤に直接添加物を加えることが効果的な解決策となる。油は中子中の残留アミンと結合し、臭気を効果的に低減する。大量使用の前提条件としては勿論、中子強度などのような生産技術的基準を維持することである。実際の使用では臭いの負荷の変化は従業員だけでなく、近隣住人によっても好ましいと評価された。嗅覚測定検査により粘結剤添加物による臭いの量の低減は約25％と確認された。

キュポラからの臭いの発生についてH.BautzとJ.Helber[6]が取り組んでいる。臭いの発生は各種の因子と関係している：選択された装入材料、燃料、キュポラの構造、操業法など。物理化学的な形成メカニズムは複雑きわまりなく、ほとんど不明である。6基のキュポラによる現場測定の結果について議論された。鋳造工場全体を考慮するとキュポラは支配的な臭いの源となりうる。

キュポラを比較して、絶対的な臭いの排出には非常に大きい差があることが分かった。個々のキュポラの間には大きな変化があり、多くのユニットについて理論的に改良の余地がある。操業モードでの完全なフレキシビリティの維持において、二次的な低減方策が不可欠となる。また新しいダイオキシン限界値の順守においても、このテーマへのさらなる取り組みが必要となる。

J.Helber[7]は鋳造工場の臭いの定量化の方法を紹介している。鋳造工場では臭いの最大の排出は中子及び型砂粘結剤から発生すると知られている。勿論今日まで発展と論拠の方向付けのための標準化された方法としての評価システムは存在しない。いわゆる標準注湯試験の導入により、唯一用いられ、規格化されている臭いの絶対濃度の比較の方法としての嗅覚測定法と結びついたツールが製作された。これを用いて、鋳造工場に近い条件での各種の粘結剤の臭い発生の比較を行うことが初めて可能となった。標準注湯試験(**図1**)の原理は以下のように働くものである；鋳型又は鋳型補助材が試験品であり、これは制御された条件下で熱的に分解され、２次的テスト品を作り出すー注湯ガス。代表的な嗅覚測定の形での化学分析法または他の評価法が導入される。標準試験の発展の範囲で、テスト品形状が確定され、円筒形形状が決定された。球形又は平板状の熱源と比較して、中程度の熱流強度が現された。またこの放射状に対称なシステムモデルでは多くの計算と解釈が２次元の問題に帰せられる。

さらに標準注湯試験の特性及び品質保証の反応について議論された：同様に、試験材料、溶湯、試験環境、試験工程、サンプリング法、試験品の詳細仕様―注湯の前後での解析方法及び評価方法、さらに試験法全体の評価並びに鋳造環境に対するテスト結果の移転適用の可能性についてさらに議論された。

各種の中子製造法と比較して臭いの低減の限界可能性についてU.Pohlmann[8]が取り組んでいる。鋳造品製造の際の臭いの低減は、一次的方法、すなわち、臭いを極小化した粘結剤／砂システムあるいは２次的手段（例えば、フィルター等）で達成しうる。臭いの低減に対し十分有効に働く２次的手段は非常に高い投資額を要するだけでなく、高い操業コストを招くので、装置オペレータの努力の範囲で、粘結剤産業を通じて、臭いを極小化した粘結剤／砂システムを開発させるままになっている。そのようなシステムの開発及び試験の実験室的基準からそれらの連続使用に至るまで報告されている。

**排出物**

S.Fulko[9]はダスト除去技術について報告している。今日まで知られているダストセパレーションの方法はバグフィルターによる分離である。改良された表面濾過により効果の大きい洗浄及び低い差圧がもたらされる新しいフィルター媒体を紹介している。深さ方向濾過と比較して表面濾過の割合が大きいほど、濾過プロセスの効率は高くなる。そこで新しいフィルターは古いものと比較して2～3倍高い性能を有する。フィルター材の深いところで分離された粒子は取り除くのが難しく、フィルターの運転が増加するに従ってフィルターの差圧は次第に増大する。そこではより高い性能の排気ファンの運転、及びより高いエネルギー使用が求められる。フィルター材の性質に基づいて、表面濾過の際に深いところでの粒子の分離が少なくなり、それらは表面にとどまる。これにより、より低い圧力で、またより小さい機械的負荷で洗浄が行われる。これは明らかに長いフィルター材の長いツールライフをもたらし、また最適化された排気ファン運転により低いエネルギー需要が少なくてすむようになる。明らかに長いツールライフを持つフィルターエレメントは頻繁に交換する必要ななくなるので、著しくメンテナンスコストを下げる。(**図２**)

最新式強力ベンチュリーウェットスクラバーがある鉄鋳物工場に導入された。この技術は10mgダスト／m3空気以下のクリーンガス値を達成できるもので、M.König, K.Bergmann, S.Wotzinski[10]らが紹介している。筆者らは、鋳型からの水溶性空気中内容物の低減のための特殊な排気ファンを用いたベンチュリースクラバーの使用に関する経験について報告している。そこではベンチュリーノズル内で洗浄剤としての水が軸方向に吹き込まれる。液体粒子が粉砕されることにより、ダスト粒子の濡れのための比表面積が増大する。従って改良されたダストの分離が達成される。最初の洗浄段階が終わった後で、生ガスはベンチレータを通じて導かれ、再度微粒の水滴と接触し、これを第2段階と称する。この微粒の水滴はベンチレータのトラックホイールによる水のジェット流化により生じ、ベンチュリノズルで生成した水粒子よりも大きな比表面積を持つ。このようにして第一段階で濡れなかったダスト粒子を捕らえることが出来る。2段階のダスト除去によりエミッションの生成は明らかに低下させることが出来た。

J. Bosch及び D. Decker [11]は軽金属鋳造工場での熱による排気の洗浄の経験について報告している。ここでは既存の湿式吸着・排気洗浄のために排気性能200,000m3を持つ第二の洗浄装置を建設した。熱再生排気洗浄工程は高い排気量をベースとして、最適解として、特定の材料組成及び必要な高い容積流制御範囲(1:4)をもたらした。820℃という高い燃焼室温度に基づいて、有機組成成分のほぼ完全な酸化（汚染物質及び悪臭物質の種類や組成に関係なく）が保証された。５タワー装置の原理が紹介されている。これはコンパクトな構造と均一な熱交換器中の流れを可能にする。またセラミックスの内部隔離とモジュール構造のコンセプトについて解説している。同じく再生一次熱交換器及びガス通気ジェットランスを持つバーナーのエネルギーコンセプトについて記述している。高効率の熱交換技術及び省エネルギーバーナー制御の組合せによりコスト対利益の関係を最適化することが出来た。

二､三の文献では排気がすの流れの解析について取り組んでいる。鋳造工場及び製鋼所でのデータロギング装置の実際の例についてはW. Schulz-Nigmann [12]に見られる。一次記録、さらに、場合によってはモデル実験、流れのシミュレーションあるいは現場実験と結びつけた理論的基礎調査により、採取技術の複雑な問題的に対しても、技術的に正確で効率のよい解釈が可能である。酸素切断及び遠心鋳造機械におけるエミッションの採取について紹介している。同様に水平流れの影響の基でのアルミニウムブロックの据え込み加工における採取装置の最適化について検討している。ダイカストマシンでの離型材に関する採取装置について［13］が解説している。そのような装置におけるエミッションの採取についてはまだ問題がある。これについては実証済みのエアーブラスト装置を持つフード構造の組合せで対処できる。［14］は可動のエミッションソースのガス吸引システムについて紹介している。それは基本的に、天井走行クレーンに取り付けられ、エミッションソースへフレキシブルな吸引ホースを使って導かれる吸引装置から構成される。吸引されたガス、ダスト、悪臭物質は取鍋からクレーンの軌道に沿って敷設されたドレインに運ばれる。システムの構造、敷設、バリエーション（モノレール敷設、調整用空気の補給）について解説している。R. Reuter [15]は空気の状況及びエネルギーコスト削減の改良の経験について報告している。アルミニウムダイカストにおけるそれらの結果、処置方法、及び成功例について記述している。

A. Schrey及びD. Hartmann [16]は鋳造ガスのエミッションの予測に関するコンピュータ支援モデルの開発についての基礎的研究を紹介している。化学的結合造型材料の使用によりガスが発生する。これはわずかな量が鋳型及び中子製造のプロセスで生じ、鋳造、冷却、砂落としのプロセスでより大量に生ずる。現段階ではエミッションの時間、場所及び量に依存した予測は不可能である。鋳型の体積増分毎の発生熱分解ガスの決定には、鋳型の任意の部分についての最大温度の知識、また時間依存温度変化の知識が必要である。これらの大きさは型枠及び鋳造片の幾何学的形状、鋳造材料の冷却挙動、鋳造金属及び鋳型材の熱容量に依存して特徴付けられる。今日ではすでに、エミッションの計算に必要な温度分布をコンピュータシミュレーションにより決定することが可能である。さらに熱分解の成分の吸着と凝縮が考慮されるべきである。型枠を離れ、周囲環境に達するエミッションは中子から解放されるエミッションと鋳型内に吸着されるエミッションとの差である。**図3**は図式的に、それを計算することによりエミッションのコンピュータ支援予測を形成させる個々のユニットを示す。材料に固有のエミッションの形成を確定させねばならない。同時に材料の種類の内容はエミッターにも、エミッションにも関係する。ベントナイト粘結生型砂中のコールドボックス中子からのエミッションの吸着及び凝縮挙動についていくつかの例で紹介されている。今日、合成樹脂粘結鋳型及び中子のエミッションの総量の計算機シミュレーションはその限界に達していることが立証されている。これは特に中子砂中の複雑な分解過程が十分に解明されていないからである。エミッションの総量を実際に計算するには、将来より狭い計量スクリーンを設備する必要があるだろう。基礎として「熱分解データバンク」を作成し、基本として必要な解析を裏付けるようにする必要がある。これは、その分解挙動に関し個々の評価が必要となるような、例えばPURコールドボックス法のような中子型材料の一族から数え切れないほどの溶剤や凝縮プロセスにより多くの生成物が生じるという事実からの情報である。またベントナイト粘結型砂中の水は中子からの熱分解生成物の化学的置換に影響を及ぼす。(図4)

エミッションの予測の計算機支援モデルの開発はやっと始まったところであり、さらなるシステマティックな調査研究が必要である。

A. Dietrich [17]は、アーク炉内での正確な排ガスオンライン測定に対するレーザーシステムを紹介している。製鋼の際の炉プロセスの最適な制御にはCO及びCO2含有量ならびに必然としての非常に高い温度の絶対に正確な測定が必要である。紹介されたレーザーシステムは正確なオンラインでの濃度測定を可能とし、かくして最大の生産性をもたらす、炉材の消耗が少ない最適な炉の操業を可能とする。心臓部分はいわゆる「波長可変レーザー」で構成され、これは１ライン吸収分光測定法の原理で作動する。同時に温度調節ダイオードレーザーにより赤外線が生成される。これはプロセスガス中に導かれ、レシーバーユニットで受け入れられる。電子機器ユニットがレーザー光線の強度から測定ガスの濃度を計算する。そこで溶解過程は連続的で正確な測定により、よりよく調整することが出来る。さらなる利点として炉の耐用時間の延長と整備費用の削減があげられる。

**クォーツダスト**

鋳造工場における危険物の発生の削減についてH. Wolff [18]が述べている。そこではダスト及び特殊な石英ダストが鋳造工場のプロセスから発生し注意するべきとしている。(表1)　調査研究の範囲内で、8つの異なる鋳造工場において、ダストの濃度と風量の場が設定され、それからダストの発生に関連するソースのすべてが探し出された。他の鋳造工場での経験を考慮したデータを基に、ダスト処理を成功させる方法についての指示をまとめ、専門手引き書として構成した。

造型場におけるダストはとりわけ型砂が鋳造、冷却後、乾燥し、砂処理が必要となるときに発生する。砂処理装置はそれ自体鋳型材料の搬送の種類やレイアウトに従ってダストソースを表しうる。

ノックアウトドラムと適切なレイアウトのサイド鋳造ガス捕集装置は冷却しノックアウトされた鋳造後の砂型から発生する鋳造ガスを捕集する。(例えば、回転フード)　大きな鋳物の鋳造の際には、色々な捕集システムが用いられる：吸引ケース、プレート吸引、回転フード、あるいは直接捕集など。しかしこれらのシステムは今日まで全日操業に適するように持続的には用いられていない。大きな鋳物が製造される鋳造エリアでは、二､三のケースで、スペース換気のコンセプトが適用されている。これは［層換気］の概念で知られているものである。危険物質の発生の低減の方法は、あらゆる作業領域での作業状態とソースのシステマティックな評価から始まる。エミッションの少ない鋳型材料システムのような鋳造技術としてプロセスに組み込んだ処理方法、あるいは適切な捕集システムを用いることができるかどうかを調べて把握しなければならない。

**ダストーキュポラ炉**

M. Lemperle [19]は、例えば無煙炭のような低廉な装入材料をコークスの代替品として用いる、あるいはメタルチャージの一部として鋳造くず材を用いることの結果について検討している。これはキュポラ炉内でのダストの量やその挙動を変化させるので、乱流層に基づいて通過問題に重大な結果をもたらしうる。キュポラ炉内でのダスト生成量、粒子の分布について詳細に調査し、解明している。あわせて、ダスト粒子に働く力の釣り合いの条件から、炉内での粒子の濃縮の条件を導いている。そのさいガス流速以外にシャフト内での粒子の大きさ、密度、温度変化について考慮している。排気リング－室を通過する排気のデザインは、チャージによるダストの混入に大きく影響する。このゾーンにおける高いガス流速はシャフト中へのダスト粒子の入りを大幅に阻止するが、他方ではまたしかしチャージ中のルースなくずを使用しないようにしなければならない。望ましくないくずの排出はガス流速を妨るが、送風中に一部酸素を用いることにより阻止できる。

S. Ratkovic及びR. Döpp [20]はその研究プロジェクトの中でキュポラ炉へのダストの吹込について研究した。研究の目的は鋳造工場内における廃棄物の利用の要求に付随するトータルダストエミッションを低減させることであった。その際焦点は、廃棄物処理を可能にするためにダストをスラグ化することに置かれた。さらにダストは、貴重な成分、なかんずくSiのような成分を溶湯中に移行させるために、意識的に金属学的に処理する必要があった。いわゆるルツボ鋼反応はSiO2からSiへの還元を可能とする。これは溶解の際の効果の大きさの最適化により可能となる。ダスト吹込及び天然ガスー酸素バーナーについて特に考慮を払ったキュポラ炉内での溶解に関する基本的な観察によって、トータルの溶解プロセスに対し吹込が導く結果に関する推論がもたらされる。簡単な計算により、廃棄物処理費用のかなりの削減があきらかとなる。

キュポラ炉操業における調査の結果を基に、ダスト吹込によるスラグ組成の移動についての明白な結果が注意を引く。

廃棄物及びリサイクル

J. Zimmermann [21]はコールドボックス法の触媒の回収について取り組んでいる。触媒ガスの回収のためのクローズドシステム(**図5**)が紹介されている。そこではあらゆるエミッションの阻止また確実なエネルギー削減が利点となっている。コアボックスは洗浄ガスの排気システムと直接つながれている。これにより周囲の空気との混合が阻止される。また触媒や溶剤及び離型剤のような不純物の濃度が高くなる。紹介された方法においては、洗浄ガスは中子ボックスを通過し、冷却され、不純物は-40℃で凝結する。次のステップで、予め洗浄された洗浄ガスは吸着剤で触媒に引き渡され、洗浄ユニットは加熱及びコンプレッサに預けられる。コンプレッサは吹込と洗浄に要求される高い圧力を与える。こうして、通常使用される圧力空気の代わりに洗浄されたガスが使用される。洗浄ガスを強く圧縮する必要がないので、コアーシューティングの際によりよいエネルギーバランスが得られる。

P. Nayströmら[22]は鋳造古砂の堆肥化の可能性の問題について検討している。スカンジナビアで行われた研究プロジェクトの目的は、鋳造古砂を土地生産物の一部とすることである。堆肥化材と各種の鋳物古砂を混合した。結果として、すべての有機生成物は無害なものに分解されることが確かめられた。しかしそこで金属成分は予め取り去っておかねばならないことが分かった。高い金属成分値は土地生産物には適さないからである。

G. Morley [23]によれば、欧州における鋳物廃棄物の廃棄のコストは約300％上昇し、おそらく来年にはさらにもっと上昇するであろうとのことである。研究プログラムが紹介され、そこではその枠内で発生するダストや研削スラッジが固形の取り扱い可能な生成物に変換され、これは誘導炉に投入することができる。そこから発して金属成分は溶湯中に移行し、それにより廃棄の費用が削減される。目標は適切な圧縮方法とプロセスを調査することである。

文献[24]において鋳造工場でのスクラップの選別の近代的方法が紹介されている。幅広いスペクトルの異なるスクラップの種類を選別するような装置がなければならない。そのさい有利な選別コスト、装置入手性の高さ、大きな選別柔軟性が重要である。スクラップ選別装置の決定には、高い初期投資のほかに、継続的なエネルギー、摩耗、メンテナンスコストが重要である。スクラッププレス、ブリケットプレス、が紹介されている。

マグネシウムのリサイクルについていくつかの文献で紹介されている。文献[25]によれば真のマグネシウムリサイクルシステムは未だ確立されていない。マグネシウムのスクラップは金属の品質及びそれに付着する汚染物質により区分される。3つのリサイクル工程が適用される：溶解技術的清浄化、溶融塩によるリサイクル、溶融塩なしでのリサイクル。これらの工程の原理と適用が紹介されている。

T. Weidler及びF. Klein [26]は、冷却用潤滑剤で汚染されたマグネシウムチップのリサイクルの問題に集中して取り組んでいる。実験に基づく再利用の方法について指摘している。これは、特定の条件下でのマグネシウムチップのリサイクルが可能であることを示している。

R. Hebenstreitら[27]はマグネシウムドロスの正確な金属含有量の推定の方法及び可能な再生方法について記述している。そこではもっとも正確な分析方法として水素発生の方法について示している。ここでMgとZnの反応により生じた水素の容積で、両方の反応に使用された合金の量が推定される。かくしてドロスの金属含有量が推定できる。

G. Hankoら[28]は有機被覆マグネシウムダイカスト片の再生について取り組んでいる。これは、“消費財スクラップ“として期待される材料に対するエコロジカル、経済的な挑戦の見地から述べられている。被覆、塗装マグネシウムスクラップの再生のための実験的研究が紹介されている。

**文献：**

[1] Giesserei-Rundschau 51 (2004) Nr. 11/12, S. 219-221.

[2] Giesserei-Praxis (2004) Nr. 8, S. 291-292.

[3] Cast Plant a. Technol. - CP+T 19 (2003) 3, S. 28-30, 32, 34.

[4] Giesserei-Rundschau 51 (2004) Nr. 7/8, S. 130-132.

[5] 5. Formstoff-Tage, Berichte aus Wissenschaft und Praxis, Düisburg, DE, 17.-18. Feb, 2004 (2004), D: Univ. Duisburg-Essen, Fakultät 5, Inst. F. Angewandte Materialtechnik. S. 1-5.

[6] 2nd Internat. Cupola Conf., Trier, DE, Mar 18-19, 2004 (2004), S. 1-5.

[7] Giesserei 91 (2004) Nr. 9, S. 42-48.

[8] 5. Formstoff-Tage, Berichte aus Wissenschaft und Praxis, Duisburg, DE, 17.-18. Feb. 2004, Düisburg, D: Univ. Düisburg-Essen, Fakultät 5, Inst. F. Angewandte Materialtechnik. S. 1-6.

[9] Giesserei-Erfahrungsaustausch 49 (2005) Nr. 1/2, S. 20-22.

[10] Giesserei-Erfahrungsaustausch 48 (2004) Nr. 7/8, S. 2-5.

[11] Giesserei 92 (2005) Nr. 5, S. 50-53.

[12] VDI-Ber. 1854 Düsseldorf: VDI-Verlag 2004, S. 109-118.

[13] Giesserei-Erfahrungsaustausch 48 (2004) Nr. 6, S. 99.

[14] Mod. Casting 95 (2005) Nr. 6, S. 44.

[15] Tech. Am Bau 35 (2004) Nr. 11, S. 86- 88.

[16] Giesserei 91 (2004) Nr. 6, S. 28-37.

[17] Stahl u. Eisen 125 (2005) 1, S. 64-65,

[18] VDI-Ber. 1854 Düsseldorf: VDI-Verlag2004, S. 9-15.

[19] Giesserei 91 (2004) 9, S. 70-72, 74, 76-77.

[20] Giessereiforschung 56 (2004) Nr. 2, S. 83-89.

[21] Giesserei 92 (2005) Nr. 8, S. 64-67.

[22] Foundry Trade J. 178 (2004) 3615, S. 188-189.

[23] Foundry Trade J. 178 (2004) 3615, S. 184-185.

[24] Giesserei 91 (2004) Nr. 10, S. 70-72.

[25] Recycling Mag. 60(2005) 16, S. 14-17.

[26] 24. Aalener Gießereisymposium. Aalen, DE, Apr 9-10, 2003, FH Aalen, Arbeitsgemeinschaft Metallguss, Steinbeis Transfer-zentrum. S. 1-13.

[27] Giesserei-Praxis [2004) Nr. 12, S. 449-454.

[28] Aluminium 81 (2005) Nr. 3, S. 202-208.