

(十一) 鑄造に係る技術に関する事項

1 鑄造に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

鑄造に係る技術（以下「鑄造技術」という。）とは、鑄型空間に熔融金属を流し込み凝固させることで形状を得る加工法をいう。

鑄造技術は、熔融金属を鑄込む鑄型の種類により砂型鑄造法、金型鑄造法、特殊鑄造法に分類され、さらに鑄造法により重力鑄造法、低圧鑄造法、高圧鑄造法、精密鑄造法等に分類される。その中でも、高圧鑄造法についてはダイカストと呼ばれる方法がある。鑄造法の最大の特徴は、熔融金属を用いることにより自動車のエンジブロック等の複雑形状品を一体で成形可能な点である。鑄造技術における主な川下製造業者等の産業分野としては、自動車、工作機械、建設機械、家電、重電機器、環境機器等が挙げられる。

現在、我が国で実用化されている、又は研究開発段階にある鑄造技術のうち、重要最先端技術として位置付けられるものは以下のとおりである。

設計・開発の技術としては、CAD/CAM/IT技術等を活用した設計－製造一貫システムに代表される3次元データ一貫システムが挙げられる。

材料関連の技術では、鑄造の原料地金は殆どがリサイクル品であることから、材料の不純物除去あるいは不純物感受性緩和技術が重要であり、材料の機能化技術、天然砂の代替技術（高機能人工砂の活用）、非熱処理型アルミニウム合金及び新材料開発技術（アルミニウム、チタン、マグネシウム等）が挙げられる。

生産技術では、新球状黒鉛鑄鉄の溶解、複雑形状部品の一体成形技術、超大型品の鑄造技術、高精度CAEシステム、ニアネットシェイプ技術、新しい造型法（凍結鑄型、多糖類中子、スチーム中子等）、崩壊性砂中子、精密鑄造の大量生産技術、セミソリッドプロセス、高真空ダイカスト、熱回収技術及び工程管理技術が挙げられる。

(2) 当該技術の将来の展望

設計・開発の技術としては、流体に比して動きが複雑であることから解析が難しい鑄型内への砂の充填シミュレーションが挙げられる。

材料関連の技術では、鑄物の品質低下につながる不純物元素への対応が急務となっている。近年、高張力鋼板の性能向上に伴い、溶解材料に自動車のボディ鋼板のスクラップが多用されるようになり、鉄鑄

物の溶湯に含まれる不純物元素が増加している。また、アルミニウム合金鋳物についても、アルミニウム合金のリサイクルの進展に伴い溶湯に含まれる不純物元素が増加している。したがって、今後、材料の不純物除去あるいは不純物感受性緩和技術をさらに高度化していくことが望まれる。

生産技術では、鉄系原料において不純物元素の1つであるマンガンを除去する溶解プロセス、作業環境改善につながるパワーアシスト技術、上・下砂鋳型をプレスして鋳造する砂型プレスキャスト法等の製造プロセス等の実現が望まれる。

また、工程管理及び品質保証技術の観点から、製品の個別識別並びに製造履歴の照会を可能とするトレーサビリティ技術の開発が望まれる。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等の抱える共通課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 長寿命化

機械製品の高機能化、小型化・軽量化等が進展することにより、製品を構成する部材に対する負荷が高まっている。製品に対する高い信頼性を今後も維持するためには、過酷な環境下でも安定した機能を発揮し続けるよう、リサイクル地金を多用した場合においても部材の強化が求められる。また、鋳造品は機械製品の様々な部位で用いられていることから、材料関連の技術により、耐摩耗性、耐圧性、耐焼き付き性、耐熱性、耐食性、耐候性、長疲労寿命等、様々な特性を向上させ長寿命化の実現が求められている。

イ. 高機能化

機械製品を構成する構造材料については、強度に加え、振動減衰、低熱膨張等の機能が求められるようになっている。特に銑鉄鋳物は、黒鉛が振動をよく吸収することから振動減衰性に優れており、この特性を活用して輸送機械のブレーキの鳴き防止効果の向上等が期待されている。また、低熱膨張鋳鉄は、超精密機械の構造材としての活用がさらに増大することが期待されている。さらに、アルミニウム合金のめっきや陽極酸化処理等の表面処理も重要度を増している。

ウ. 複雑形状化

機械製品の高機能化や部材の一体成形化が進むにつれて、構成する部材については複雑化を増している。鋳造技術は複雑形状品の低コストな量産に適しており、一層の伸長が求められている。

エ. 小型化・軽量化

小型化・軽量化は輸送機械の運動性能や燃費に直接関係し、乗り心地や操縦安定性の向上につながることから、関連する産業においては部材への軽合金の採用、部材の一体成形化等による軽量化、高強度材料の採用による小型化等が求められる。特に、自動車産業向け鋳造品では、鋳鉄からアルミニウム合金へ材料の転換が進んでいるほか、鋳鉄を含むすべての鋳造品において、薄肉化や他部品との一体化、鋳包み等の複合化鋳造による軽量化及びCAEを活用した最適設計が求められている。

オ. 環境配慮

鋳造技術は材料にスクラップ材を多く使用することが可能であり、リサイクル性に優れた技術であるが、溶解に大量のエネルギーを要することから、省エネルギー化を進めることによる環境負荷の低減が求められている。また、磨耗した砂（排砂）や溶解で発生するノロ等廃棄物が多く発生するプロセスでもあり、廃棄物の低減も大きな課題である。さらに、製造工程で発生する騒音や振動等の低減によるクリーンファクトリーの実現は、作業環境の改善のみならず地域社会との共存の観点からも重要な課題である。一方、スクラップ材の活用は材料に混入する不純物元素の増加という問題があり、材料の不純物除去あるいは不純物感受性緩和技術の開発が大きな課題となっている。

カ. 低コスト化

新興国における鋳造メーカーも技術力を向上させており、製品の歩留まり向上や生産性向上、エネルギーの低消費等を実現する低コスト化技術の開発がますます重要となっている。

キ. 短納期化

ITを積極的に設計・開発や工程管理に活用する等、短納期化に向けたプロセスイノベーションを進めていくことが求められている。

ク. 美的価値の追求

鋳造は大型部品に曲面の形状を付与する上で優れた技術である。ユーザーの感性に働きかけることが製品の付加価値として重

要性を増しており、機能美の追求によって鑄造技術の新たな用途を生み出すことが期待される。

②高度化目標

ア. 長寿命化に資する技術の向上

耐摩耗性、耐圧性、耐焼付き性、耐熱性、耐食性、耐候性、疲労寿命の向上に向けた材料関連の技術が求められる。

イ. 高機能化に資する技術の向上

振動減衰、低熱膨張、剛性、靱性、耐摩耗性等の従来材の機能を向上させ高付加価値化を図る材料関連の技術が求められる。

ウ. 小型化・軽量化に資する技術の向上

鑄造品特有のリブの付与や中空化等の手法を活用し、薄肉化、軽量化、一体成形化を図る技術及びこれに伴う複雑形状化にかかる技術等の向上。現状では鑄造不可能な高強度材料の鑄造技術が求められる。

エ. 品質の保証及び向上に資する技術の確立

設計・開発の技術、材料関連の技術及び生産技術の向上。また、これらを実現し、品質保証を行うためにも個々の製品にトレーサビリティを導入した管理手法の確立が強く望まれている。

オ. コスト低減に資する技術の向上

コスト低減に向けた、鑄造品の最適設計と従来技術では実現不可能な形状を付与する技術の開発、材料関連の技術及び生産技術等の向上が求められる。

カ. 短納期化を実現するための技術の高度化

設計・開発、工程管理へのITの積極的導入、RP（ラピッド・プロトタイピング）の活用、CAE（構造・応力・湯流れ・凝固・鑄型内の砂の充填シミュレーション等）RPのRM（ラピッド・マニファクチャリング）への活用によるリードタイムの短縮等に関する技術が求められる。

キ. 環境配慮に資する技術の向上

溶解工程の省エネルギー化、産業廃棄物の排出量の低減、騒音や振動等の低減によるクリーンファクトリー化が課題となっている。解決手段の一つとして、クリーンファクトリー化の観点から人工砂の採用が拡大しつつあるが、最大の問題点はコスト及び鑄造模型の消耗でありこれらの技術開発が望まれている。

また、鉄鋼産業や非鉄金属産業では高強度化・低価格化材料の

開発が進んでおり、製造工程で多くの微量元素の添加が行なわれる。これらの材料はリサイクルされ鋳物工場の原料として使用されるが、合金元素は鋳造業界では新しい鋳造欠陥の発生要因となる場合があり、これら不純物元素の除去あるいは感受性緩和技術の開発が重要な課題となる。

ク. 複雑形状化に資する技術の向上

複雑形状化に適した設計・開発の技術、鋳造性の向上技術及び生産技術の向上、鋳造割れ対策、湯流れ性向上技術が求められる。

ケ. 美的価値の向上に資する技術の確立

金属特有の光沢や質感を活用した機能美を追求するため、新しい形状を付与する鋳造技術の開発及びめっきやアルマイト等の表面処理による新たな美的価値向上のための技術が求められる。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 自動車に関する事項

自動車産業では環境問題、安全問題に対応するために、車体の軽量化が求められており、部品の素材や形状等について見直しが進められている。また、燃焼効率向上に伴う排気ガスの高温化に対応した部材、騒音及び振動の低減につながる部材の開発が求められている。さらに、自動車生産のグローバル化の進展に伴い、グローバル調達可能な部材と原材料、地域環境への配慮のニーズが高まっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 新素材への対応

イ. マルチマテリアル化への対応

②高度化目標

ア. 材料複合化技術に資する技術の向上

2) 工作機械に関する事項

工作機械は、長年にわたって曲げ、せん断、ねじりの外力に耐えながら、高い精度を実現し続けることが求められる。したがって、その構造体には、優れた剛性、振動減衰性及び耐摩耗性や、温度、湿度による寸法・形状変化の少なさが要求される。

国内の工作機械産業からは、鋳造事業者の供給能力の維持、向上が

求められている。こうした中、工作機械は、高速、重切削を実現するハイエンドモデルの生産が中心となりつつあり、工作機械の構造体である鋳造品については、表面焼入れ等の熱処理を必要とする難易度の高い製品に対するニーズが高まっているほか、構造も複雑化している。近年では世界的景気減速による設備投資の減少があり、工作機械メーカーからはさらに高い生産性やコストダウン等への対応を要請されることが予想される。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 高機能化（熱処理への対応）

②高度化目標

ア. 表面焼入れ等の熱処理に対応可能な鋳造品の実現

3) 家電に関する事項

家電で用いられる鋳造品は、ダイカストにより生産された製品が中心である。DVDプレーヤ筐体、LED電球筐体、種々の熱交換機用ヒートシンク等の薄肉製品等ではアルミニウム合金ダイカストが、カメラ用部品、ギヤ、レバー類の小物部品等では亜鉛合金ダイカストが、ノートパソコン、プロジェクター等の薄肉・軽量の筐体関連等ではマグネシウム合金ダイカストがそれぞれ用いられている。

家電産業では、中国を中心とする海外への生産シフトがみられ、部材についても現地調達ニーズが増加している。さらに、従来鋳造によって成形されていた部材についても、コスト低減のため樹脂成形やプレス成形による生産が増加している。一方、国内での生産は高級品にシフトしているほか、試作レベルの少量生産のニーズが高まっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 微細加工化

②高度化目標

ア. 放熱特性に優れた合金を使用した技術の向上

イ. 微細加工に資する技術の向上

4) 重電機器、環境機器に関する事項

重電機器、環境機器は、新興国を中心とした今後の世界的なエネルギー需要の増加への対応、エネルギー効率の向上、劣悪環境下での使用に耐えること等が要求されてくる。

重電機器、環境機器産業では、化石燃料の枯渇問題・人口増加問題

・BRICs 諸国の成長と地球環境問題から、化石燃料のより効率的な使用・自然エネルギーの利用等への転換が求められている。そのため、これらの川下製造業者は、鋳物部品を供給するメーカーに高性能・高機能化や、需要増に対する生産能力向上等を求めてきている。発電用ガスタービンにおいては、エネルギー効率を向上するため、より高温燃焼に耐え得る中子による空冷機能を備えた単結晶大型ガスタービン翼の開発が望まれている。風力やディーゼル発電装置メーカーからは、大型鋳物に対する安定供給と品質向上が望まれている。また、世界的な水資源に対する枯渇問題や砂漠化及び環境問題から、水のリサイクルや輸送及び海水の淡水化に必要な大物鋳物の安定供給と品質向上が期待されている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 大型化

②高度化目標

ア. 大型鋳物に関する生産性の向上

5) 航空機、生体材料製造等に関する事項

建設機械の生産は海外需要を中心にここ数年急増しており、鋳物の海外現地調達も進展しているが、キーパーツに用いられる摺動特性の良い鋳鉄や油圧モータ部品については日本製に頼らざるを得ない。船舶には安全性の確保及び生産性の向上の観点から、鋳造製品の高機能化、短納期化等が求められている。

航空機業界には、軽量化及び安全性の確保等の観点から、部材の一体成形のニーズが高まっている。また、ロボットは製造業の現場のみならず今後あらゆる場面で活用されることが期待されているが、そこに用いる材料は軽量性、運動性が必要となり、精密性に伴って剛性も要求される。さらに、サーボ機構等でその動作が制御されるため、材料には被制御性も要求される。

また、高齢化社会に伴い人工骨や人工関節、インプラントに代表される生体材料製造のための精密鋳造技術の開発は将来有望な分野である。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 航空機部材の軽量化及び信頼性の確保(部材の一体化)

イ. 生体用部材の安全性と信頼性の確保

②高度化目標

ア. 航空機部材の一体化に資する材料及び技術の高度化

- イ. 生体用としての安全性確保に資する材料及び技術の高度化
- ウ. 人工関節等の耐摩耗及び信頼性向上に資する材料及び技術の高度化

2 鑄造技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

鑄造技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を4点に集約し、以下に示す。

(1) 高付加価値化に対応した技術開発の方向性

- ①振動減衰性の向上
- ②剛性及び靱性の向上
- ③耐摩耗性の向上
- ④耐熱性及び耐焼付き性の向上
- ⑤耐食性の向上
- ⑥低熱膨張性の向上
- ⑦精密鑄造技術を活用した大量生産
- ⑧複雑形状及び一体成形
- ⑨機能美の向上
- ⑩信頼性の向上
- ⑪大型化の実現
- ⑫放熱特性に優れた合金の実現
- ⑬疲労寿命の向上
- ⑭マルチマテリアル化
- ⑮産業用ガスタービン大型単結晶翼
- ⑯人工関節等の生体用機能部品

(2) 軽量化に対応した技術開発の方向性

- ①薄肉化
- ②アルミニウム・マグネシウム化
- ③ダイカストの高品質化
- ④新材料

(3) コスト低減と短納期に対応した技術開発の方向性

- ①既存の生産活動の改善
- ②新たな鑄造法の構築

- ③ I T の活用
- ④ 省エネルギー化
- ⑤ 高効率・省エネルギー溶解
- ⑥ 少量生産
- ⑦ サイクルタイム短縮
- ⑧ 簡易金型
- ⑨ 材料の不純物除去、不純物感受性緩和

(4) 環境配慮に対応した技術開発の方向性

- ① 鉄・アルミニウム・銅等のリサイクルのための不純物除去と無害化
- ② 砂型造型
- ③ 天然特殊砂の人工砂への代替
- ④ ラピッドプロトタイピング
- ⑤ 廃棄物削減
- ⑥ レアアース（メタル）削減のダクタイル鋳鉄製造
- ⑦ 作業環境の改善
- ⑧ その他環境配慮

(5) I T 化に対応した技術開発の方向性

- ① 技能のデジタル化
- ② 設備及びシミュレーション
- ③ 設備、鋳型の知能化
- ④ トレーサビリティの構築
- ⑤ 検査の自動化
- ⑥ データベース構築

3 鋳造に係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型中小企業へと進化するためには、中小企業者は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の鋳造技術の発展に向けて配慮すべき事項

① 産学官の連携に関する事項

川下企業、関連産業、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行う

ことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。その際、公設試験研究機関、大学は要素技術の研究開発を積極的に進め、継続的に技術革新を図ることが望ましい。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、ベテラン技術者とのペアリングによる研究管理等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にIT活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する標準物質・計量標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が有する知的資産を正しく認識するとともに、公開することによって独自の技術が流出するおそれがある場合を除き、適切に権利化を図る必要がある。

川下製造業者等は、中小企業者と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、中小企業者が有する知的資産を尊重すべきである。

(2) 今後の casting 業界の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るために、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。

②取引慣行に関する事項

中小企業者及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラ

ブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの提供を目指した研究開発を進めることが重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）を予め策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、中小企業者は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。