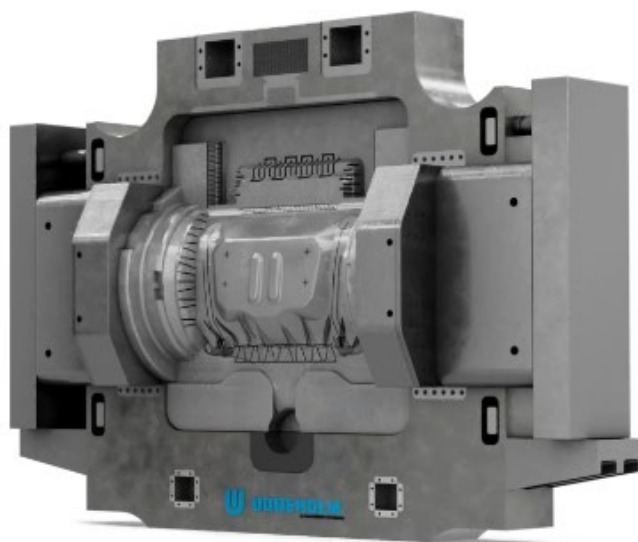
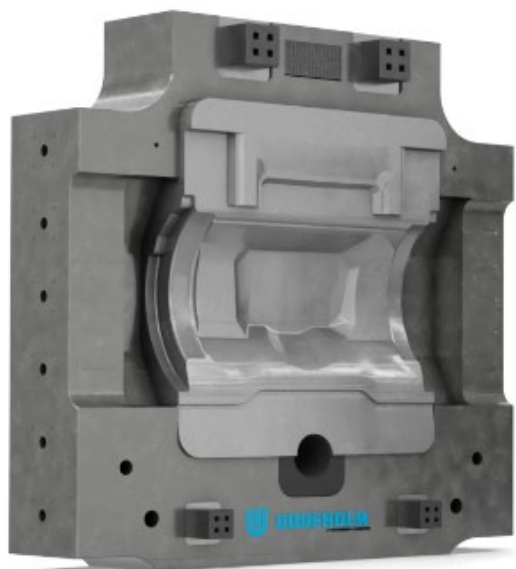


VIDAR SUPERIOR

ギガキャストに最適な選択肢



Sebastian Sivertsen

要約

高圧ダイカストを用いて大型の構造用アルミニウム部品を製造するプロセスであるギガキャストは、アジア、ヨーロッパ、北米の世界的規模で採用されています。鑄型のサイズが大型になることで、生産コストの効率向上と金型の長寿命化を可能にする金型鋼の大幅な改良が求められるようになってきました。アルミニウム高圧ダイカスト（HPDC）の重大な故障メカニズムには、ヒートチェック、焼付き、溶損、大割れがありますが、ヒートチェックは最も一般的な問題です。これらの問題に対処するために、この研究では、耐ヒートチェック性と靱性の観点から、AISI H13 ESR と Vidar Superior の 2 つの鋼種の性能を比較しました。

シリコン含有量の少ない AISI H11 の改良鋼種である Vidar Superior は、耐ヒートチェック性と靱性の両方で優れた性能を発揮します。ヒートチェック試験の結果、Vidar Superior は AISI H13 ESR と比較して、繰返し熱応力下で発生する亀裂が少なく、亀裂深さが浅いことがわかりました。さらに、衝撃試験では、Vidar Superior の平均靱性は 35 ジュールで、AISI H13 ESR の 16 ジュールを大幅に上回りました。これらの結果から、Vidar Superior の方がギガキャストの用途に適しており、ヒートチェックと亀裂伝播に対する耐性が高いため、最終的には補修コストの削減と金型寿命の延長につながるということがわかります。

はじめに

ギガキャストを採用する動きは世界的規模で広がっています。アジア、ヨーロッパ、北米では鑄造機を設置し、高圧ダイカストで大型の構造用アルミニウム部品を生産しています。コスト効率の高い生産を可能にするために、6,000 トン以上の型締め力向けの金型鋼の需要は高まっています。生産のコスト効率を上げるには、破損機構に起因する補修が必要になる前に、複数の部品を生産できるようにすることです。

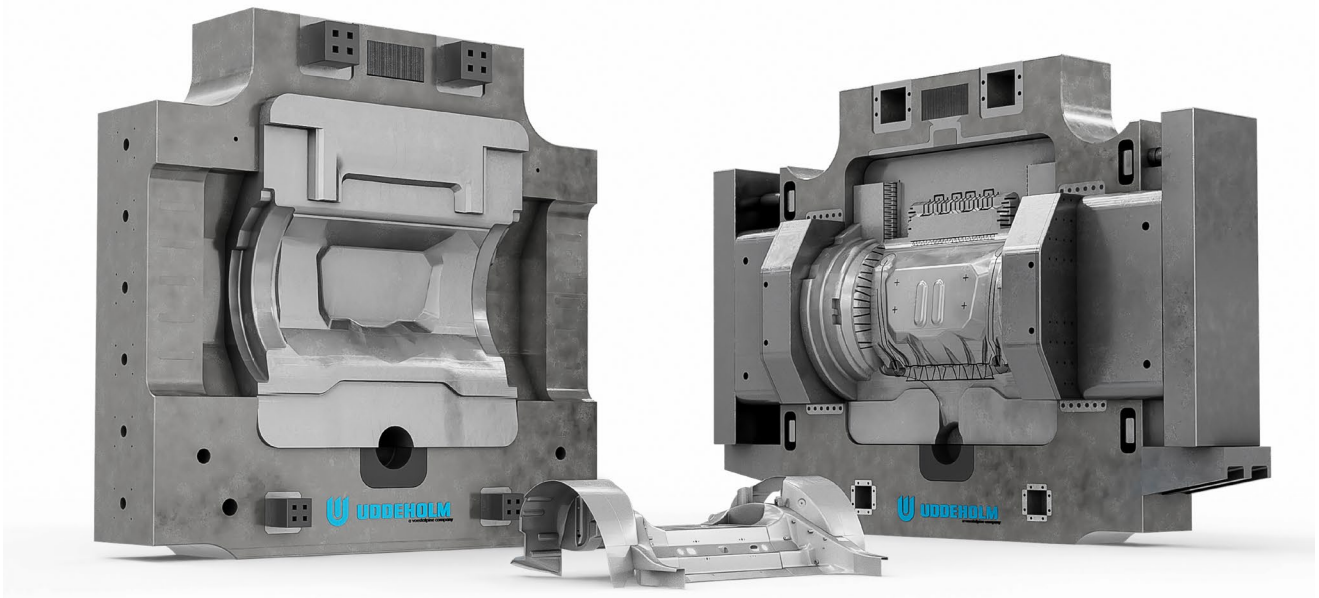


図 1. ギガキャスト用の金型と部品の視覚化。

アルミニウム高圧ダイカストには、主に次の 4 つの破損機構があります。ヒートチェック、焼付き、溶損、大割れです。高圧ダイカストを扱う企業に、金型寿命を最大限に延ばすのを妨げる主な故障は何かと尋ねると、大多数がヒートチェックだと回答するでしょう。その次に焼付きまたは溶損が続きます。しかし、大割れが生じることもあり、その場合はすぐに生産停止となることがあります。最も一般的な破損機構については、次の図 2 で説明します。



焼付きは、アルミニウムが金型に固着することです。コアピンや非常に高温になる他の部分で、この問題が発生します。

ヒートチェック - 熱サイクル応力、引張応力、塑性応力の組み合わせ。

大割れ - 金型にかかる熱的および/または機械的負荷。

溶損 - 主に熔融速度による高温機械的摩耗。

図 2 は HPDC の最も一般的な破損機構を示しています。

ギガキャストの場合、鑄型のサイズが大きければ大きいほど、金型に入る熱量が多くなり、金型サイズが大きければ大きいほどコスト高になります。これらの課題に対処し、金型寿命を延ばしてコストを削減するには、金型鋼を選ぶ際に 2 つの主要な領域が重要な役割を果たします。1 つ目は、表面に網の目のように亀裂ができる前に、ヒートチェックの発生を遅らせ、金型寿命を延ばすことができる材料です。2 つ目は、金型を貫通する亀裂ができるリスクを減らすことです。亀裂は重大な損傷を引き起こし、溶接による修復が困難になります。亀裂伝播に対する耐性を高めるには、靱性の高い金型材料が必要です。

ヒートチェックの大きな問題に対応するには、1.2344 (AISI H13) と 1.2343 (AISI H11) の化学組成では及ばないか、この領域で妥協する必要があります。AISI H11 と H13 は、高圧ダイカスト向けの金型鋼の標準規格と考えられています。ただし、ギガキャストの場合、ヒートチェックの発生を遅らせ、靱性を高める優れた特性が求められますが、これは多くの場合、生産工程全体に適したコスト効率の高いソリューションとなります。

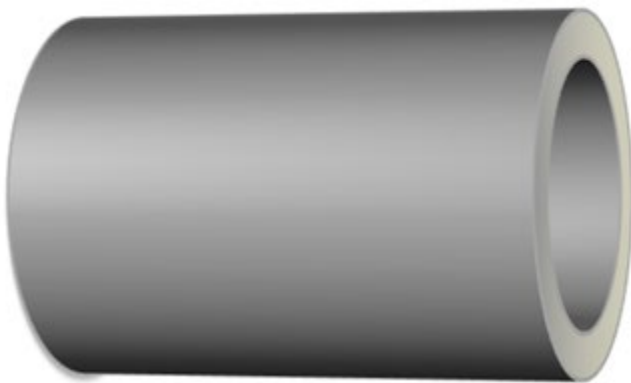
金型鋼の耐ヒートチェック性と靱性を評価する実験方法

2つの異なる材料でヒートチェック試験と衝撃靱性試験を実施しました。試験片は、AISI H13 ESR 製ブロックと Vidar Superior 製ブロックから採取しました（表 1）。Vidar Superior は、非常に高い靱性を実現するシリコン含有量の少ない、新世代の AISI H11 ESR 改良鋼種に属します。

表 1 は 2 種類の鋼種の化学組成を示しています

工具鋼	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
AISI H13 ESR	0.40	1.0	0.4	5.2	1.4	0.9
Vidar Superior	0.36	0.3	0.3	5.0	1.3	0.5

2種類の鋼種から、貫通穴のある円筒形のヒートチェック用試験片を採取しました（図 3）。シャルピー V 衝撃靱性の試験片は、短横方向で採取しました。NADCA 仕様に従って熱処理を行い、44~46 HRC の硬度にしました。



直径: 50 mm, 1.97"
内径: 35 mm, 1.38"
長さ: 100 mm, 3.94"

図 3 は熱疲労の試験片の形状を示しています。

ヒートチェック試験は、水槽に接続した 2 つのホルダーの間に試験片を固定した試験装置で実施しました。一定速度で試験片の穴に水を流し、この水は冷却チャネルとして機能します。試験片の外径の中心に長さ 60 mm の銅コイルを配置しました。コイルは高周波発生器に接続されており、35 kW の誘導加熱が発生します。この銅コイルの後ろ、試験片の外径にノズルを付け、圧縮機に接続されています。このノズルを使って試験片の外面に強制空気を送り、冷却速度を上げます。試験は、700° C から 20° C の間の温度で 800 サイクル実施しました。評価は、表面から材料まですべての亀裂を測定し、亀裂の平均深さとして結果を出しました。

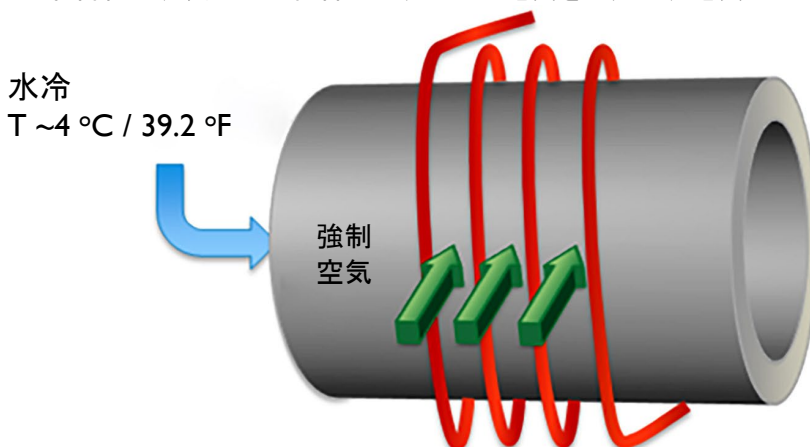


図 4 は試験片の周囲でどのように試験を実施したかを示しています。

衝撃試験は、重い振り子のついたシャルピー衝撃試験機をスタンドに取り付け実施しました。シャルピーVノッチ試験片は、10 mm x 10 mm x 55 mm の寸法で、試験片にV字型のノッチが機械加工されています。ノッチの深さは2 mm、角度は45度、底半径は0.25 mmです。破断中に吸収されるエネルギーは、材料が突然、衝撃を受けたときにそれに耐えられる能力を示します。これは、材料が動的荷重や衝撃を受ける可能性がある用途では非常に重要です。

性能を上げる特性

熱疲労試験の結果によると、AISI H13 ESR は Vidar Superior と比較して、亀裂深さが深くなることがわかりました（図5）。これは、Vidar Superior の方が、ギガキャストの製造サイクル中に生じる繰返し熱応力にさらされて形成される亀裂が少なく、その亀裂深さが浅いことがわかります。

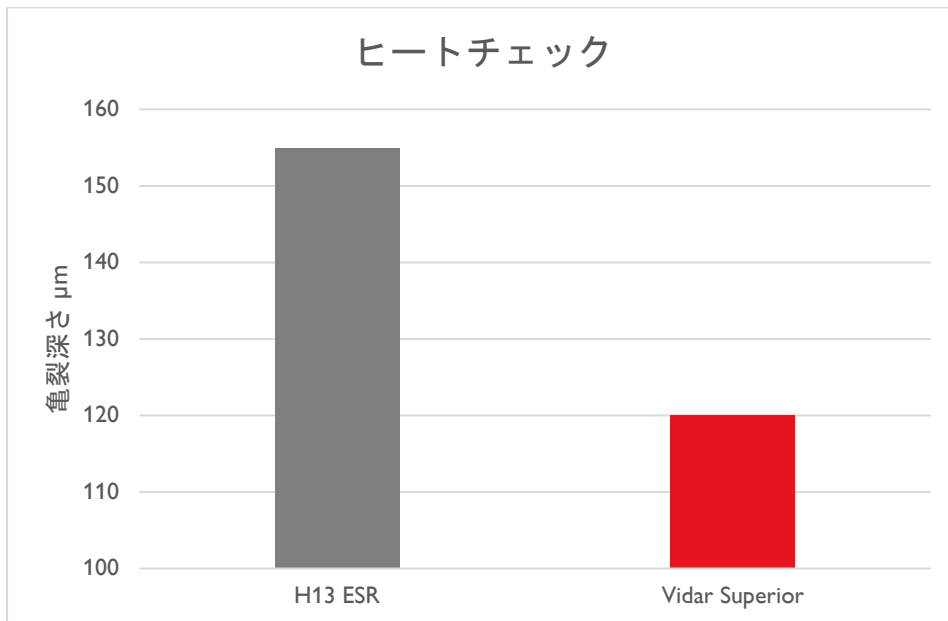


図5は亀裂の平均深さを示しています。

亀裂の伝播に関して言えば、靱性の値が高いということは、材料を破壊するためにより多くのエネルギーが必要であることを意味します。この結果から、Vidar Superior の靱性は平均値 35 ジュールで、平均値 16 ジュールの AISI H13 ESR よりも高いことがわかります。

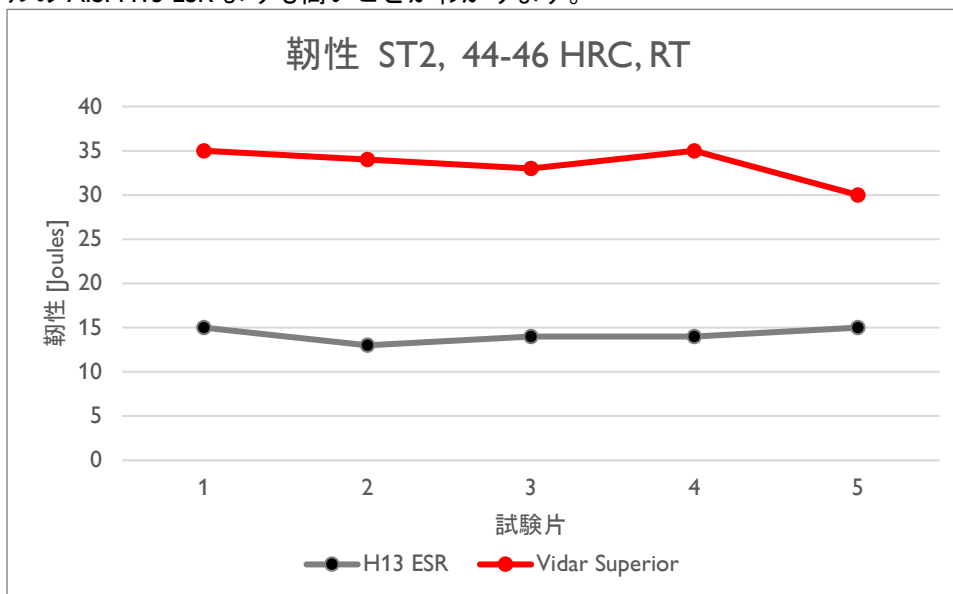


図6は靱性の試験結果を示しています。

まとめ

ギガキャストが世界的規模で拡大し、高圧ダイカストの過酷な作業条件に耐えられる高度な金型鋼の需要は著しく増加しています。大型アルミニウム構造部品を製造する鑄造機の設置が世界中で広まるにつれて、金型寿命とコスト効率に関連する課題はより顕著にみられるようになりました。アルミニウム高圧ダイカストの主な故障メカニズムには、ヒートチェック、焼付き、溶損、および大割れがあります。

当社の研究では、AISI H13 や AISI H11 などの従来のダイス鋼は高圧ダイカストに一般的に使われる鋼材ですが、耐ヒートチェック性と靱性に限界があることがわかっています。具体的に言えば、AISI H13 ESR は Vidar Superior と比較して、発生する亀裂が深く、靱性が低いことがわかります。Vidar Superior は、シリコン含有量の少ない AISI H11 の改良鋼種で、耐ヒートチェック性と靱性が高く、AISI H13 ESR よりも優れた性能を発揮します。

発生する亀裂が少なく浅く、衝撃靱性が高い Vidar Superior の優れた性能は、ギガキャストの重要なニーズを満たします。この鋼種の強化された特性は、金型寿命の延長と補修費の削減を必要とする用途にとって、より効果的な選択肢となります。よって、Vidar Superior を使用すると、より費用対効果が高く信頼性の高いギガキャスト生産が可能になり、最終的にはアルミニウム部品の生産効率と持続可能性の向上につながります。