

鑄物用金型の熱応力について (第3報)

— 隅部形状の影響 —

福田 浩・保坂 新英

Thermal Stress in Metallic Mold (3rd Report)

— influence on corner sharps —

Hiroshi FUKUDA and Shinei HOSAKA

(昭和48年10月31日受理)

1. 緒言

鑄造工程中に金型部材内に発生する熱応力について、すでに著者らは中空円筒および円筒形以外の断面形状金型の二三につき実験し、これまでの結果から、同一形状金型でもその鑄型比の違いにより、また、同一鑄型比金型であっても、その形状とくに隅部の形状・寸度が接合する平板部、ひいては金型部材全体の熱応力値に大きな影響をおよぼすことを明らかにした。

本報告では、引き続き隅部をもつ金型を対称に実験を行ない、隅部の形状(平板部の接合角度値)の相違による平板部との間連性、鑄型全体に与える影響の度合をより明確にすることを目的として研究し、得られた結果のいくつかについて述べる。

データの解析にあたっては、当然ながら三次元的な問題として取り扱う必要があるが、前報で記述した中空円筒および平面平板の二次元的解析法によって解析した。

したがって厳密性にかけるが、隅部をもつ平面平板の接合部角度値の異なる金型の二次元問題として解析をして得られた結果からでも、一応これらの関連性について具体的に明確にできた。

2. 実験の理論

本実験での解析法は、金型部材および注湯金属の熱的急変による物性値の変化程度を明確に把握することが困難であり、また三次元熱応力の解析法がきわめてむずかしいことなどから、隅部を半径値一定の円筒の一部とみなし、隅部に接合する平板部については、単純二次元平面平板として、それぞれ前報告で詳述した定常および非定常の二次元熱応力の問題として解析し、得られた結果を比較検討した。

3. 実験の装置と方法

実験装置の概略を図-1に示した。

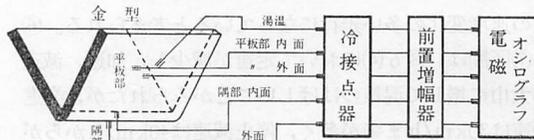


図1 実験装置の概略

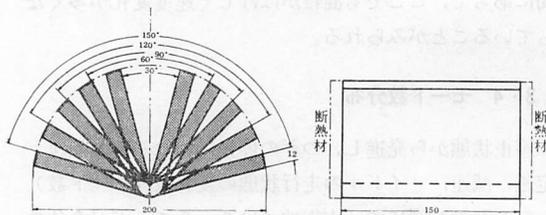


図2 金型形状および寸法

供試金型は図-2に示したように、隅部(平板接合部)の角度値を 30° から 150° まで5段階とし、金型厚さおよび隅部外半径を 12mm 、平板部高さ 100mm 、長さ 150mm 一定に軟鋼粗材から削り出して作成した。

なお、金型の両端面は断熱材(アスベスト板)を張りつけ熱の放散を防いだ。

温度計測は、隅部および下端より 40mm 高さの平板部中央位置について、それぞれ金型内外面2ヶ所と注湯温度を予め埋め込んだ直径 0.6mm のアルメル・クロメル熱電対によって取り出し、冷接点器、前置増幅器を介して直記式電磁オシログラフに記録させた。

熔解金属としてアルミニウムを用い、電気炉でほぼ 750°C に加熱溶解し、湯注時の温度 720°C 、注湯時間を5秒一定として実験を進めた。

実験は、金型と注湯との接触面積を一定とした場合と、注湯の容積を一定（鑄型比一定）とした場合とにつき行ない、金型のもつ熱容量の影響を考慮した結果の検討に供するための資料を得た。

表-1に金型の仕様を示した。

金型角度	金型と注湯接触面積(S)一定 (S = 240 cm ²)					鑄物体積(V)一定 (V = 340 cm ³)				断面面積 cm ²
	鑄物体積 V cm ³	体積比	非接触面積 A cm ²	面積比	鑄積比	接触面積 S cm ²	面積比	非接触面積 A cm ²	面積比	
30°	240	0.5	60	0.35	1.57	313	1.46	75.6	0.53	16.0×2
60°	415	0.87	120	0.70	0.91	234	1.09	109.5	0.77	27.7×2
90°	480	1	170	1.00	0.78	214	1.00	142.0	1.00	32.0×2
120°	415	0.87	210	1.20	0.91	234	1.09	189.6	1.32	27.7×2
150°	240	0.5	230	1.34	1.57	313	1.46	284.0	1.99	16.0×2

(体積比面積比は90°金型が基準値)

表-1 金 型 仕 様

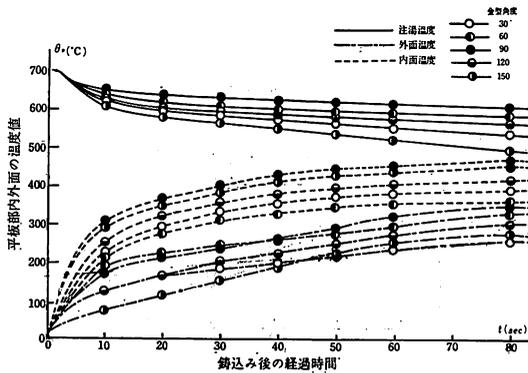


図3 金型隅部温度の経時変化

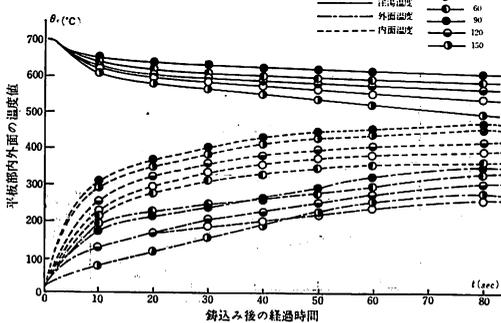


図4 金型平板部温度の経時変化

4. 実験の結果と考察

図-3と4に注湯金属と金型との接触面積を一定に保った場合、供試金型の隅肉部と平板中央部における型内外面および注湯金属の温度値について、鑄込み後の経時

変化を示した。

図-5と6には、以上の金型内外面温度差から、前述の解析手段によって求めた発生熱応力中の最大値、すなわち、金型の内面に生ずる圧縮応力の注湯後の経時変化を示した。

また、注湯金属の容積を一定（鑄型比一定）とした場合について、前掲同様の各部位の温度変化を求め、金型隅部および平板中央部での最大発生熱応力をプロットすると、それぞれ図-7と8に示すようになる。

これらの示す結果から、接触面積一定の場合における金型隅部と平板中央部での発生最大熱応力は、いずれの金型に対しても鑄込み後ほぼ30秒までの間にそれぞれピークを示した後ふたたび低下している。

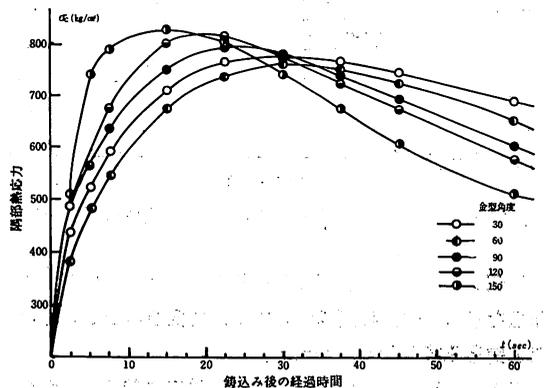


図5 隅部発生熱応力の経時変化（接触面積一定）

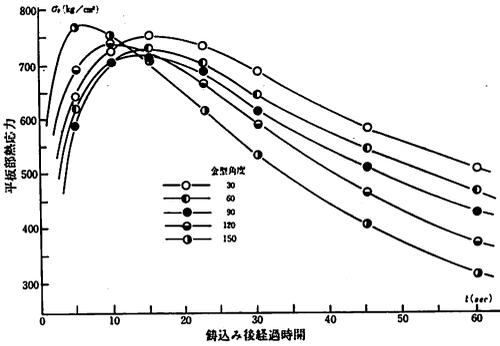


図6 平板部発生熱応力の経時変化(接触面積一定)

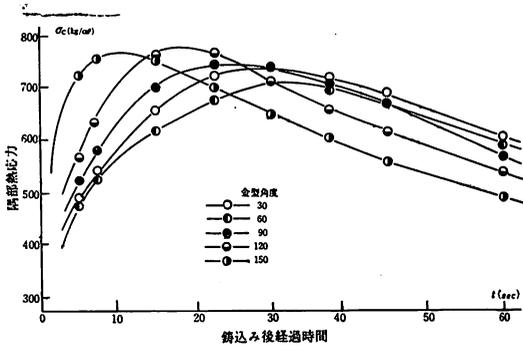


図7 隅部発生熱応力の経時変化(鋳物容積一定)

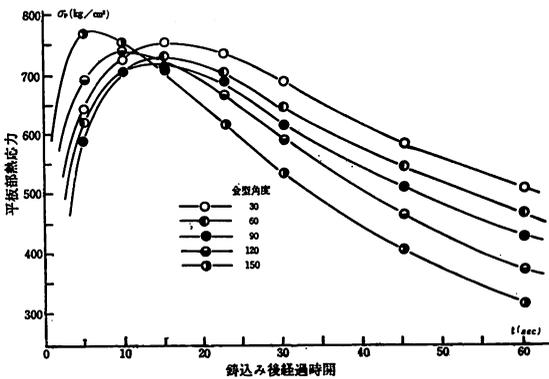


図8 平板部発生熱応力の経時変化(鋳物容積一定)

隅部については、金型の角度値の大きなものほど大きな値を示し、発生時刻については、角度値の小さいものほど鋳込み後おそく現われる。

平板中央部については、最大発生熱応力値は90°角の金型が最小値をとり、これ以外の金型では角度値が大き

くなっても、小さくなくても次第に大きな熱応力値を示している。

なお、隅部のそれと比較すると、全般にわづかながら小さな値を示している。

注湯容積が一定の場合には、最大発生熱応力値は、隅部、平板中央部ともに接触面積一定の場合よりも小さく金型角度値に対する変化の度合も小さいが、その示す傾向はほぼ同様である。

また、熱応力最大値の発生時刻については、隅部、平板部ともに接触面積が一定の場合よりもおそいが、金型角度値に対する傾向はほぼ同様である。

これらの結果をまとめて示すと、図-9および図-10のようになり、接触面積が一定の場合の熱応力が、注湯容積一定の場合と比較して隅部、平板中央部ともに数%大きな値を示している。

これは、前者の場合の方が、後者の場合に比べて角度値が30°と150°の金型を除いて注湯との接触面積が大

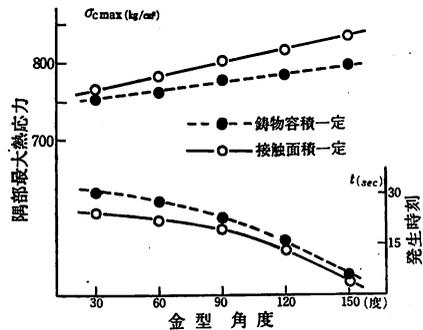


図9 隅部最大熱応力

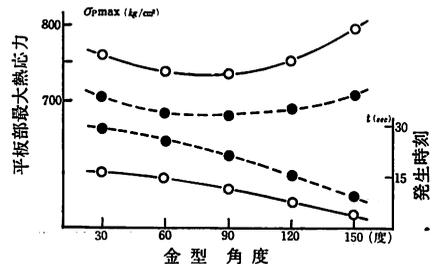


図10 平板部最大熱応力

きく、鑄型比の小さいことによる注湯金属と金型間の熱伝導の割合の大きいことによるものと考えられる。

30°と50°金型では、鑄型比は大きい、非接触面積値は接触面積が一定の場合のそれよりも大きく、しかも他の金型に比べて両端断熱面積も小さいので、これまた注湯金属と金型間の伝熱の促進につながり、結局は、接触面積一定の場合の方が大きな熱応力値を示すものと考えられる。

同一実験条件、同一形状金型において、隅部と平板中央部の発生熱応力の最大値は、前者の部分が後者のそれよりもわずかに大きい。

これは、注湯後、最大熱応力を与えるまでの期間における金型のもつ局所的熱容量が、隅部の方が大きく、平板部の方が小さい。この差値の割合に比例して熱応力値に差異が生じている。

すなわち、鑄型比の大きな金型ほど、その形状にはかわかわらず内外面の温度差が小さいというすでに報告してきた一連の実験結果を、隅部を対称に局所的に当てはめてみると、当然ながら推察できることで、隅部の角度値が小さいほど、局所的な鑄型比が大きいことから、呈示されたような結果をもたらすものと考えられる。

また、平板中央部の熱応力値の最大値は、接触面積が一定の場合も、注湯容積一定の場合もともに金型隅部の角度値が90°のものが最も小さく、これ以外の金型では大きな値を示している。

これは、実験条件の前者の場合には、90°金型が他の角度値をもつ金型と比べ最も小さな鑄型比をもっているためである。

後者の実験条件の場合には、いずれの形状金型でも鑄型比が同一値であるにもかかわらず、他の角度金型よりも90°角度金型が前記実験の結果と同様に最も小さな値を示すのは、90°金型の場合、注湯金属と金型との接触面積が最も小さく、しかも、両端面の断熱部面積値が最も大きいことと相まって、注湯と金型内の伝熱が他の金型に比べて劣る結果と考えられる。

金型隅部と平板中央部の発生最大熱応力値の経時変化は、それぞれ図一5と6に示されるように、注湯後10～30秒の間に極大値を示した後で減少するが、早く立ち上

がり最大値を示すものほど、その後の減少割合が大きく、おそくあらわれるものほどその割合は小さい。

つまりは、注湯後30秒前後で熱応力値曲線は交叉逆転する。

すなわち、熱応力最大値の発生時刻は、金型隅部、平板中央部ともに接触面積が一定の場合の方が、注湯容積一定の場合よりもいづれも早い時期にあらわれ、実験の条件には無関係に金型角度値の大きなものほど早くピークに達する。

このような結果から、発生熱応力の最大値が早くあらわれる金型ほど、注湯初期に急激な応力変化、すなわち熱衝撃を受けることがわかる。

なお、著者らの行なった一連の実験結果からは、金型の隅部と平板中央部の発生熱応力について、これら部位の相互関係因子および、相互の影響度を詳細にするデータは得られなかった。

5. 結 言

隅部をもつ金型において、その形状、すなわち隅部角度値を種々かえたものについて注湯実験を行ない、得られた結果の中から、主なものをまとめてみると、つぎのようになる。

- (1) 同一形状金型でも、接触面積一定の場合が注湯容積一定の場合よりも、発生熱応力値が大きい。
- (2) 隅部熱応力は、実験の条件には無関係に平板部の値よりも大きい。
- (3) 金型角度値の違いによる発生熱応力の最大値は狭角のものより広角のものほど大きい。
- (4) 熱応力最大値の発生時刻は、広角金型ほど早く、接触面積一定の条件の場合が注湯容積一定の条件の実験の場合よりも早くあらわれる。

参 考 文 献

- 1) 小泉 堯, 日本機械学会誌, 68, 562, 1629, (1965)
- 2) 小泉 堯, 同上論文集, 28, 194, 1314, (1962)
- 3) 福田 浩, 秋田工業高専研究紀要, 7, 27, (1972)
- 4) 福田・保坂, 同上, 8, 13, (1973)
- 5) 千々岩健児, 機械の研究, 14, 12, 1451, (1962)