

JIS

アルミニウム合金鋳物製造作業標準

JIS H 9151-1966

(1975 確認)
(1978 確認)

昭和41年10月1日 改正

日本工業標準調査会 審議

(日本規格協会 発行)
付-29

アルミニウム合金鋳物製造作業標準

H 9151-1966

(1975 確認)

Recommended Practice for Aluminium Alloy Castings

1. 適用範囲 この規格は、JIS H 5202 (アルミニウム合金鋳物) (以下鋳物という。)の製造作業のよりどころについて規定する。

2. 原料

2.1 アルミニウム地金 鋳物に使用するアルミニウム地金は、JIS H 2102 (アルミニウム地金)に規定するもので、合金の種類により表1に従って用いる。とくに7種Bは、不純な地金を使用すると機械的性質や耐食性が低下するから注意を要する。

2.2 アルミニウム合金地金 アルミニウム合金地金は、JIS H 2211 (鋳物用アルミニウム合金地金)に規定するものを表1に従って用いる。

2.3 鋳物用アルミニウム二次合金地金 鋳物用アルミニウム二次合金地金は、JIS H 2117 (鋳物用アルミニウム二次合金地金)に規定するものを表1に従って用いる。

表 1 使用アルミニウム地金、アルミニウム合金地金およびアルミニウム二次合金地金

種類	記号	JIS H 2102 アルミニウム 地金の純度	JIS H 2211 鋳物用アルミニ ウム合金地金	JIS H 2117 鋳物用アルミニウ ム二次合金地金
アルミニウム合金鋳物1種A	AC1A	3種以上	C1AV	C1AS
アルミニウム合金鋳物2種A	AC2A	3種以上	C2AV	C2AS
アルミニウム合金鋳物2種B	AC2B	4種以上	C2BV	C2BS
アルミニウム合金鋳物3種A	AC3A	4種以上	C3AV	C3AS
アルミニウム合金鋳物4種A	AC4A	4種以上	C4AV	C4AS
アルミニウム合金鋳物4種B	AC4B	4種以上	C4BV	C4BS
アルミニウム合金鋳物4種C	AC4C	3種以上	C4CV	C4CS
アルミニウム合金鋳物4種D	AC4D	3種以上	C4DV	C4DS
アルミニウム合金鋳物5種A	AC5A	3種以上	C5AV	C5AS
アルミニウム合金鋳物7種A	AC7A	2種以上	C7AV	—
アルミニウム合金鋳物7種B	AC7B	2種以上	C7BV	—
アルミニウム合金鋳物8種A	AC8A	3種以上	C8AV	C8AS
アルミニウム合金鋳物8種B	AC8B	4種以上	C8BV	C8BS

2.4 銅地金 銅地金は、JIS H 2121 (電気銅地金)を用いる。

2.5 けい素地金 けい素地金は、JIS G 2312 (金属けい素)の2号以上のものを用いる。

2.6 マグネシウム地金 マグネシウム地金は、JIS H 2150 (マグネシウム地金)の2種以上のものを用いる。

2.7 マンガン地金 マンガン地金は、JIS G 2311 (金属マンガン)を用いる。

2.8 ニッケル地金 ニッケル地金は、JIS H 2104 (ニッケル地金)の3種以上のものを用いる。

2.9 返り材および合金くず 工場内の返り材については選別や管理を厳重に行なう必要がある。とくに7種Aおよび7種Bに対しては、鉄、銅、けい素、亜鉛、ニッケルなどを混入させてはならない。自家工場以外の合金くずを使用する場合には一度溶解して適当な大きさの鋳塊を造り、これについて化学分析試験を行なったほうがよい。

3. 母合金 母合金の溶製に用いるアルミニウム地金は、JIS H 2102 (アルミニウム地金)の3種以上のものとし、

これに母合金の種類により 2.4~2.8 に規定した地金を添加する。母合金の成分は、均一で分析値の明らかなものが必要である。

3.1 アルミニウム-銅母合金 アルミニウムと銅の割合が 50:50 または 67:33 のものを用いる。

3.2 アルミニウム-けい素母合金 JIS H 2211 (鋳物用アルミニウム合金地金) の C3AV およびアルミニウムとけい素の割合が 80:20 または 74:26 のものを用いる。

3.3 アルミニウム-マンガン母合金 アルミニウムとマンガンの割合が 90:10 のものを用いる。

3.4 アルミニウム-ニッケル母合金 アルミニウムとニッケルの割合が 90:10 または 80:20 のものを用いる。

3.5 アルミニウム-マグネシウム母合金 JIS H 2211 (鋳物用アルミニウム合金地金) の C7BV を用いる。

3.6 アルミニウム-ベリリウム母合金またはアルミニウム-マグネシウム-ベリリウム母合金 アルミニウムとベリリウムの割合が 95:5 のものまたはアルミニウム、マグネシウムとベリリウムの割合が 90:5:5 のものを用いる。

3.7 アルミニウム-チタン母合金 アルミニウムとチタンの割合が 98:2 のものを用いる。

4. 溶解作業

4.1 配合法 溶解に使用する新地金の配合は、鋳物に要求される性質および用途などによって決められる。とくに 7 種 A および 7 種 B では新地金の配合比を高くする必要がある。マグネシウムは溶解作業中に減耗するので補う必要がある。とくに 4 種 A, 4 種 C, 4 種 D, 5 種 A, 8 種 A, 8 種 B については、マグネシウム配合量を目標より約 10% 多くする必要がある。また 7 種 A および 7 種 B については、ベリリウムを 0.004% 添加することにより、マグネシウムの減耗を防止することが可能である。

4.2 溶解炉 溶解に使用する炉は、温度調節が容易であることがのぞましく、またピンホールなどによる鋳物の欠陥を防止するために、燃焼ガスが溶湯に接触しないような構造にすることがのぞましい。重油炉、ガス炉、抵抗式または誘導式電気炉は温度調節が容易であるが、コークス炉は比較的困難であるから、これを使用する場合は過熱しないように注意する必要がある。また反射炉は、溶湯のガス吸収に注意する。

溶解炉は作業場の条件によりピット式、定置式または可動式とする。ピット式および定置式の場合には、底部に掃じ口を設ける必要がある。

4.3 溶解容器 溶解には鋳鉄製溶解なべまたは JIS R 2701 に規定する黒鉛るつぼを使用する。容器から鉄、けい素が混入することによって合金の性能に著しい影響を受けやすい 4 種 C, 7 種 A および 7 種 B に対しては、溶解容器にじゅうぶんライニングを施して使用する必要がある。

ライニングには不純物の少ない石灰粉、滑石粉、アルミナ粉、黒鉛粉またはその混合物を水で溶いたものを用い、約 100°C に加熱した溶解容器に塗布したのち温度を上げ、水分を完全に除去して焼付ける。この操作を数回くり返してじゅうぶん厚さのライニングをうるようにする。

鋳鉄なべの底部がはなはだしくふくらんできた場合または溶解に長時間を要するようになった場合、および黒鉛るつぼの縁にわれを生じた場合には、溶解容器の寿命に近づいたものと判断して注意する。

4.4 溶解用器具 かくはん棒、湯くみ、とりべ、かすとりおよび温度計用熱電対保護管などは軟鋼製でよいが、それらの溶湯に触れる部分には 4.3 のライニングを施さなければならない。

熱電対はクロメル-アルメル (JIS C 1602 C-A 熱電対) がよく、温度計はときどき校正する必要がある。

4.5 溶解温度 溶解温度は酸化物の生成や有害ガスの吸収を避けるために、できるだけ低温にすることがのぞましい。過熱は酸化、ガス吸収および結晶の粗大化の傾向があるからじゅうぶんに注意し、誤って過熱した場合には一度凝固させたのち、再び溶解する必要がある。

各種類の合金に対する適当な溶解温度は、670~780°C である。

4.6 フラックス アルミニウム合金の溶解には、溶湯の酸化防止、酸化物の分離除去、脱ガス、改良、微細化などを目的としてフラックスが用いられる。これらの配合例を表 2 に示す。

表 2 酸化防止用フラックスの配合例

種 類	例	単 位 %							
		けいふっ化 ナトリウム	けいふっ化 カリウム	塩化マグ ネシウム	塩 化 カリウム	ふっ 化 カリウム	炭 酸 ナトリウム	塩 化 ナトリウム	氷 晶 石
一般用フラックス	1	—	—	—	25	—	—	60	15
	2	—	—	—	40	—	—	40	20
	3	—	—	—	40	15	15	30	—
7種用フラックス	4	50	—	50	—	—	—	—	—
	5	—	60	40	—	—	—	—	—

4.7 溶解方法 地金の装入は、溶解容器がじゅうぶんに加熱されたのちに行なうことがのぞましく、また順序は、
 返り材および合金くず、新地金および母合金または合金地金の順に装入する。ただし、マグネシウムは最後に装入す
 るのがよい。マグネシウムはライニングを施した適当なホスホライザまたははさみを用いて溶湯中に押し込み、完全
 に溶けるまで溶湯中に保持することがのぞましい。溶解時間を短縮するために大塊の地金は適当に分割し、また適当
 に予熱しておくのがよい。

装入した地金が溶け始めたとき、酸化防止のため7種以外では上記の一般用フラックスを溶湯表面に散布し、溶解が
 進むに従ってさらにこれを散布し、溶湯表面を常にフラックスでおおうようにする。装入地金が完全に溶落してから、
 じゅうぶんにかくはんして成分の均一化をはかる。また、7種については、地金装入前に酸化防止用フラックス(7種
 用フラックス)を全使用量の $\frac{1}{3}$ ほど溶解容器中に散布し、地金の溶解途中にさらに $\frac{1}{3}$ を添加し、溶落後よくかくはん
 して、いったんかすを除いてから残りの $\frac{1}{3}$ を散布する。7種の場合の装入順序は、返り材および合金くず、新地
 金およびアルミニウム-ベリリウム母合金、また7種Aではアルミニウム-マンガン母合金または合金地金の順に行な
 い、溶落してかすを除いたのちマグネシウムを装入するのがよい。

4.8 脱 ガ ス 溶解中に吸収したガスを除くために、つぎの方法などによって脱ガス処理を行なうのがよい。塩素
 で脱ガス処理を行なうと溶湯の温度が上昇するので、処理の温度に注意が必要である。固体の脱ガス剤は吸湿性がある
 ので貯蔵にじゅうぶん注意し、必ず乾燥状態のものを使用しなければならない。

- (1) 塩素ガスを約720°Cにおいて溶湯100kgに対して約10分間通じる。この場合、塩素ガスは濃硫酸などによ
 ってじゅうぶんに脱水したほうがよく、送尿管の溶湯に触れる部分には、石英管または黒鉛管を予熱して
 用いる。
- (2) 塩化亜鉛または塩化亜鉛と塩化アルミニウムの混合物(重量比1:1)を溶湯に対して約0.2%を加え、じゅ
 うぶんにかくはんする。この場合、7種Aおよび7種Bに対しては、亜鉛許容量を超過するおそれがあるか
 ら、使用量を限定しなければならない。なお、塩化亜鉛はとくに吸湿性が強いので、保存に注意を要する。
- (3) 六塩化エタン系の溶剤約0.2%を溶湯の中に押し込むか、またはこれに窒素ガスなどの不活性ガス吹込み
 を併用する。
- (4) 一度溶湯をそのまま凝固させたのち、すみやかに再び溶解する脱ガス法も有効である。

脱ガス処理に塩素ガスまたは塩化物を使用する場合は、適当な排気装置によって放出ガスを作業場から排除すること
 がのぞましい。

なお、溶湯の脱ガスの程度を判定するために、炉前試験を行なうほうがよい。

4.9 改良処理 3種および4種に対しては合金の機械的性質を向上させるために鑄込みの前に改良処理を行なう。
 この処理は脱ガス処理ののち、約750°Cにおいて、溶湯の約0.1%のナトリウムを清浄なアルミニウムはく包み、
 ホスホライザを用いて溶湯の底部へ押し込みかくはんするか、または約780°Cにおいてふっ化ナトリウムと塩化ナト
 リウムの混合塩(重量比2:1)を溶湯の約0.2%添加し、そのまま約20分間放置後かすを除き、静にかくはんする。
 改良処理後、溶湯をそのまま長時間放置すると改良効果はしだいに消滅する。したがって、鑄込みは改良処理終了後

約15分以内に行なう必要がある。

改良効果の判別は溶湯を砂型(九棒)に鋳込み、その破面を検査するのがよい。改良効果が失われると、破面はあらく灰色を呈する。改良効果がききすぎると破面は黒みがかかり、光輝ある白色のはん点が多数現われる。改良効果が適切な場合には破面は胡白色となり、はん点は認められないから容易に判別できる。

ナトリウムは、空気中では水分と反応しやすく危険を伴うので石油中に保存し、添加する際に小刀で切断して使用する。

4.10 結晶粒微細化 アルミニウム合金では、その固溶体の結晶粒を細かくすることにより機械的性質を向上することができる。このためには金型に鋳込み、冷し金を使用して急冷する方法もあるが、一般には溶湯にチタンおよびほう素を単独または複合して添加する方法がよい。

この処理は、脱ガス処理後約720°Cでチタンの場合は約0.15%、ほう素の場合には約0.5%をその母合金または塩類で添加する。また、市販の合金塊にはチタンを添加してある場合もある。

4.11 キリング 脱ガス、改良処理、微細化処理を行なった溶湯は静かにかすを除いたのち、溶湯中のガスや酸化物などを分離させるため、710~750°Cで約20分間キリングしたのちに鋳造する。ただし、改良処理を施した溶湯は、キリングの時間を約5分間とする。

5. 砂型鋳造法

5.1 模 型 鋳物の鋳造数量および形状寸法により、木型、金型、石膏型または樹脂型などを用いる。鋳物尺(縮みしろを考慮した寸法)は $\frac{8}{1000} \sim \frac{15}{1000}$ を適当とするが、肉厚、形状、大きさなどによって収縮が異なるから、特殊なものに対してはそのつど調査しなければならない。

鋳物の機械加工のための標準仕上しろを表3に示す。

表 3 標準仕上しろ

単位 mm

鋳物の種類	仕上しろ								
	150 以下			150 ~ 600			600 以上		
	荒仕上	並仕上	上仕上	荒仕上	並仕上	上仕上	荒仕上	並仕上	上仕上
砂 型	▽	▽▽	▽▽▽	▽	▽▽	▽▽▽	▽	▽▽	▽▽▽
金 型	1.5	2.5	2.0~2.5	2.5~3.0	2.5 以上	4.5 以上			
シ ェ ン 型	1.0	1.5	1.5	2.0	—	—			
シ ェ ン 型	0.5~0.7	1.0~1.5	0.7~1.0	1.5~2.0	—	—			

備 考 加工面を上型にとる場合は、下型にとる場合よりも仕上しろを多くするのがよい。

5.2 鋳物砂

5.2.1 おも型用砂 おも型用の鋳物砂は、適当な粒度指数、粘土分、水分、強さおよび通気度をもつ天然砂または合成砂が用いられる。

天然砂〔JIS G 5902(鋳型用山砂)〕は簡便に使用することができるが、通気度や水分を適当に調節しないと鋳物に気孔などの欠陥を生ずるおそれがあるから注意しなければならない。新砂を使用する場合は、その性状に従って粘土分を調整して使用するのがよい。

合成砂は、水洗したけい砂〔JIS G 5901(鋳型用けい砂)〕にペントナイトなどの粘結剤と水分を配合するもので、それらの配合量を変えることにより、必要とする性質の鋳物砂が任意にかつ正確に得られ、鋳造条件を一定に保持することができるので有効である。

おも型用はだ砂として使用される鈎物砂の性状は、表4のとおりである。

表 4 おも型用はだ砂の性状の一例

	生型抗圧強さ kg/cm ²	生型通気度	粘土分 %	添加水分 %	粘度指数	粘度分布
砂試験方法	JIS Z 2604	JIS Z 2603	JIS Z 2601	JIS Z 2605	JIS Z 2602	JIS Z 8801
大物～中物	0.5～0.9	30～80	10～25	5～9	180～320	三つふるい
中物～小物	0.3～0.9	10～30	10～25	7～10	320～450	四つふるい程度の砂にけい砂微粉を加えることあり

押え砂の場合には、はだ砂の抗圧強さよりも多少弱くてもよいが、通気度ははだ砂と同程度またはそれ以上でなければならない。

とくに7種Bに対しては鈎型内での酸化を防止するために、砂の中へいおうとふっ化アンモニウムまたはけいふっ化アンモニウムの混合物を約2%加えることもある。

鈎はだをとくに美しくする必要がある場合には、細かいはだ砂を薄い層状に模型の周囲を包むようにして使用する。

5.2.2 中子 中子は中子の大きさや用途によって適当な砂と粘結剤を選ぶが、中子が成型しやすく、変形に対する抵抗が大きく生型および乾燥強度が大で、鈎造の際にはじゅうぶんな可縮性があり、通気性が良好で、かつ鈎造後の砂落しが容易でなければならない。

中子用の砂は、けい砂〔JIS G 5901(鈎型用けい砂)〕、川砂、浜砂またはおも型用の鈎物砂が用いられる。とくに急冷を必要とする場合にはジルコン砂がよい。粘結剤は、粘土、ペントナイト、植物油および天然または合成樹脂などが用いられる。中子の強さを高めるには、鉄線などの適当なしん金を用いる。とくに中子の表面の強さを大にする場合や、耐火性を増し鈎はだを美しくする必要がある場合には、雲母粉または滑石粉と少量の粘土を水に加えた塗型剤を中子の表面に塗布するのがよい。

中子の通気性をよくするには砂の粒度を必要以上に細かくしないこと、および適量以上の粘結剤を使用しないようにし、かつ完全に乾燥する。塗型剤を用いる場合には通気性の低下に注意し、幅木の断面積をじゅうぶんに大きくし、また適当なガス抜孔を設けることがのぞましい。

大形の中子の通気性や可縮性を良好にするには、強度を保つ程度に砂つきをできるだけ少なくし、中心部にコークスや川砂などを充てんするのがよい。7種Bに対しては中子におも型用砂と同様に添加剤を加えるのがよい。

中子取は木製または金属製であるが、木製のものは摩耗しやすい部分を適当な金属で補強するのがよく、金属製のものにはアルミニウム合金が軽量で強さもあり、寿命も比較的長いので多く用いられる。乾燥用中子受け台は、アルミニウム合金製または鈎鉄製のものを用いるが、前者のほうが熱伝導度がよく、軽量でかつ機械加工も容易である。

中子乾燥炉は、温度分布が均一で、かつ正確な測温装置を備えるものであることがのぞましい。燃料は、重油、コークス、石炭、ガスまたは電力が用いられ、炉の形式は定置式または循環式のものが用いられる。

5.3 造型法

5.3.1 湯口、湯道およびせき 一般にアルミニウム合金は凝固収縮が大きく、熱間われを生じやすい。そのため、湯口、湯道およびせきが適当でない場合は、引けやき裂などの欠陥を生じる原因となるので注意が必要である。その設け方は、原則として湯口から最も遠い部分が最初に凝固し、これに近づくに従ってつきつきに凝固し、押湯のない場合には最後に湯口が凝固するようにする。

砂の過熱をできるだけ少なくし、鈎物の各部を急速に満たし、かつ正常な凝固をさせるために比較的低温度で鈎造するには、多くの湯口を同時に設けるのがよい。この方法は、とくに広い平面をもつ鈎物の場合には有効であるが、せきは対称の位置を避けることがのぞましい。また鈎造の際に酸化物やかすが生ずることおよび空気などが溶湯の中へ巻きこまれることをできるだけ防止するために、溶湯が鈎型の中で渦流を起こさないように静かに流れ、おも型や中子の面

に垂直に当たらないようにすることが必要である。

せきの全断面積は湯口の全断面積よりも大きくし、湯道の断面積は溶湯の流速を減少するために、せきまたは湯口のいずれかの断面積よりもやや大きくするのがよい。そして酸化物やかすが鋳物の中へ混入しないようにする目的で、せきと湯道の間に適当な大きさのかすだまりまたは金網を設けることは有効である。

1種Aは凝固温度の直下における強さが低いので熱間われを生じやすい合金であるから、鋳物の収縮に対する鋳型の抵抗をできるだけ少なくするように、鋳物および鋳わくのさんに対する湯口や押湯の位置、砂の込め方、砂の水分配合量、中子の強さおよび冷し金の位置にじゅうぶんな注意が必要である。とくにせきは厚肉の部分からできるだけ離れた薄肉の部分に設けるのがよい。

7種Aおよび7種Bはとくに酸化物やかすを生じやすいため、湯口、湯道およびせきの断面積が重要で、鋳型の中にはいる溶湯の動揺をできるだけ少なくするようにし、かつ酸化物やかすが鋳物の中へ混入しないように設計する必要がある。

5.3.2 押湯 押湯は鋳物が完全に凝固するまで溶融状態であるようにじゅうぶんな断面積をもち、溶湯が補給および加圧の機能を果たし、さらに鋳型内のガスやかすなどを浮上させるものであることが必要である。押湯が小さすぎると鋳物に引け巣を生じ、大きすぎると鋳物の部分が必要以上長時間高温に保持されるので結晶粒があらくなり、多孔質となる傾向があるから注意を要する。

押湯を直接鋳物に設ける代わりに、これをせきと湯道との間に置けば、かすだまりの作用と同時に、せきの付近に発生する引け巣などの欠陥防止に有効な場合がある。また押湯を設ける位置は、湯口、湯道およびせきと同様に、鋳物を仕上げる際に容易に除去できる場所であることがのぞましい。

鋳込重量は、鋳物の重量の約2倍である。とくに7種Aおよび7種Bに対しては凝固収縮が大きいので、じゅうぶんな押湯を設ける必要がある。

5.3.3 冷し金 湯口、湯道、せきおよび押湯によって鋳物の各部分を指向性凝固させることが困難なために健全な鋳物を作りにくい場合は、冷却速度の遅い部分の砂型へ冷し金を埋め込んで、その部分の冷却を促進するのがよい。ただし、冷し金の効果には限度があるから、鋳物の厚肉の部分には押湯を設けて溶湯を補給することが必要である。また冷し金を使用することによって、単に引け巣の生ずる位置を鋳物の他の場所に移動するだけの効果にとどまる場合があるから注意が必要である。1種Aは熱間われが発生しやすく、また7種Aおよび7種Bは引け巣が移動しやすいので、とくに冷し金の使用方法に注意する必要がある。また冷し金は、機械加工面の組織を微細にするために用いることが多い。

冷し金にはアルミニウム合金(くり返し使用回数の少ない場合)、銅合金、鋳鉄、鋼などが用いられる。そして冷し金を使用するときは、つぎの注意が必要である。

- (1) さびを生じていないこと。
- (2) 材質がち密で、鋳巣または粗しよ部のないこと。
- (3) じゅうぶんに予熱して表面に吸着している水分を取り除いたのち、灯油を表面に塗って鋳型内での水分の吸着を防ぐ。また雲母粉または滑石粉を水に加えたものを塗型剤として使用し、造型後乾燥する場合もある。
- (4) 大形のを少数使用するよりも小形のを多数用いるのがよく、かつ、その溶湯に接触する面には適当なみぞまたは孔を設けて通気性を良くし、きらいなどの欠陥の発生を防止すること。
- (5) 2個以上の冷し金を近接して使用する場合は、相互に適当な間隔を置き、鋳造したときの鋳型の変形を防ぐこと。

5.3.4 鋳型の乾燥 とくに鋳型の強さを必要とする場合や鋳物内部の気ほうによる欠陥の発生を防ぐ場合には鋳型を乾燥するが、必要とする程度により、表面乾燥または完全乾燥とする。いずれの場合でも鋳型の表面を均一に乾燥し、乾燥後は水分の吸収を避けるために長時間放置することなく、すみやかに鋳造することが必要である。

塗型剤には中子に用いるものを使用するのがよい。

5.4 炭酸ガス法 炭酸ガス法はけい砂に粘結剤としてけい酸ソーダを使用し型詰めして、これに炭酸ガスを通して硬化造型する方法である。この方法は型内において硬化造型するために、生砂型に比較して精度が良く、造型作業がきわめて容易である。しかし、この方法は、鑄造後の砂落しの際こわれにくい欠点がある。

5.4.1 混練作業 けい砂にけい酸ソーダを約4% (重量比) で添加してよく混練を行なう。この作業中には、つぎのことに注意しなければならない。

- (1) できるだけ短時間に混練作業を完了する。混練作業に長時間を費やすと、砂の温度の上昇または空気に多く接触するために、空気中の炭酸ガスと反応を起し、粘結剤の性能が著しく低下する。
- (2) 湿った砂を使用すると型の強度が低下する。
- (3) 微粉の多いけい砂を使用すると粘結剤が多く必要となり、砂落し作業が困難になる。そのため、けい砂の粒度、けい酸ソーダの量および混練時間を適当にする必要がある。
- (4) 混練した砂をやむをえず保管するときは、できるだけ空気に触れないようにして約3日以内に造型を終わるようにするのがよい。

5.4.2 造型作業 よく混練された造型砂を、一般の砂型と同様な方法で型詰めを行ない、これに炭酸ガスを通して硬化させて造型する。

造型作業には、つぎのことに注意しなければならない。

- (1) この方法は、寸法精度を考慮して通常型をゆるめずに造型するため、離型しやすいように模型の構造に配慮する。
- (2) 炭酸ガスを通して硬化するときに硬化収縮の現象が起こるため、模型の形状に応じて縮みしろを考慮する必要がある。
- (3) この方法は、粘結剤にけい酸ソーダを使用しているために吸湿性が強いので、造型が完了したものは、できるだけ乾燥状態に保つことが必要である。

5.5 鑄込温度 鑄込温度は、鑄物の形状および大小によって異なるが、ある種の合金、たとえば3種Aは650°Cで鑄造することができるが、大部分のものは670~760°Cで鑄造する。

5.6 鑄込み作業上の注意

5.6.1 溶湯を溶解炉からとりべまたは湯くみに移す場合は、溶湯の酸化とガスの吸収を最小にするために溶湯面のかくはんをできるだけ少なくし、かつ溶湯の流れがとぎれないようにして短時間に行なうのがよい。

5.6.2 溶湯を溶解炉からくみ取るときおよび鑄型に注湯する直前には、溶湯の表面に浮遊する酸化物や溶剤などをライニングした適当な器具を用いて取り除くが、その回数を必要以上に多くすると、清浄な溶湯がそのつど酸化されて酸化量が増大するから注意を要する。

また、表面を溶剤で被覆していない溶湯面を長時間放置することも避けるのがよい。

5.6.3 鑄込みの際は、鑄型内の溶湯の乱れは極力避け、かつ注湯し終わるまで溶湯の流れを静かに中断することのないようにするのがよい。

5.6.4 とりべや湯くみの位置が過度に高い場合には、鑄物にかすや空気が混入しやすいので、できるだけ湯口に近接させて注湯するのがよい。

5.6.5 広い平面を有する鑄物を鑄造する際は、鑄型を傾斜させてせきから溶湯を押し上げるのがよい。

6. 金型鑄造法 製造数量が比較的多い場合には、金属製の鑄型に鑄造するのがよい。金型鑄物は砂型鑄物よりも寸法精度がよく、生産性が高く経済的である。また、鑄はだが平滑で美しく、ピンホールが少なく機械的性質もよい。鑄型全体を金型にすることが困難な場合は、一部分を砂型、シェル型、炭酸ガス型などにすることができる。

金型には可縮性がないので、収縮の大きい合金や熱間われを生じやすい合金の金型鑄造は困難である。たとえば3種A、4種A、4種C、4種Dおよび8種Aは最も容易で、2種A、2種Bおよび4種Bはこれらについて容易である。

が、1種A、5種A、7種A、7種Bは比較的困難であるから、金型の設計にはじゅうぶんな注意が必要である。

6.1 金型 金型の材質はJIS G 5501(ねずみ鋳鉄品)が多く用いられるが、使用中の寸法変化を避けるために焼なましを施してから加工するのがよい。普通鋼材〔たとえばJIS G 4051(機械構造用炭素鋼鋼材)〕などを用いる場合もあるが、とくに中子などのように常に溶湯によって包囲される部分には、金型の寿命を長くするために、JIS G 4311(耐熱鋼棒)、JIS G 4404(合金工具鋼)の熱間加工用などを用いることは有効である。

金型の鋳物に接触する部分の厚さは、鋳物の厚さの2~5倍を基準とし、金型の強さを必要とする部分には、適当な肉厚および形状の補強を施し、鋳物尺は、おも型および中子いずれも10/1000とするのがよい。抜きこう配は、おも型では1°以上、中子では1.5°以上とし、幅木のすきまは0.1~0.2mm、砂中子の場合には0.2~0.4mmとするのが普通である。

金型内の空気を抜けやすくするために適当に金型を分割し、分割面にはみぞを設けるのがよく、また、とくに金型内の空気が脱出しにくい部分には直径約1mmの孔を貫通して、金型内と外界を連絡するか、それでもふじゅうぶんな場合は適当な大きさの円形の孔を貫通し、周囲に深さ約1mmのみぞを多数設けた同形状のピンを埋め込むのがよい。

金型はなるべく容易に操作できるような機構にすることが必要で、おも型の開閉は、小さい金型の場合はちょうつがい方式とし、大形の場合にはピニオンラック方式または油圧シリンダを利用する。中子の引き抜きには、てこ式やピニオンラック方式を利用し、また製品の押し出しには、ピニオンラックによるノックピン方式、あるいは油圧シリンダを利用する。

金型鋳物では押湯の効果が砂型ほど期待できないので、保温のため押湯や湯口の部分には断熱れんがを用いることも有効であり、一般に、押湯や湯口の部分の金型の肉の厚さは、できるだけ薄くするほうがよい。

6.2 湯口方案 金型の場合には一般に砂型よりも大きなせきを用い、とくに溶湯が静かにはいるようにくふうする。そのために金型を傾斜して注湯するとか、または湯口に漏斗を装入して注湯する方法が用いられる。湯道に種々の形状の曲率を設けるのもよい。肉厚の不同がはなはだしい鋳物の場合は、肉厚部分に押湯兼用の湯口を設けるのがよい。酸化物の混入、鋳型中の空気のまきこみを防止するため、金網を使用する場合もある。

縦鋳込み、平鋳込みのいずれも用いられるが、鋳物によっては、その選択が鋳物不良の原因となるので、とくにじゅうぶんな検討が必要である。

6.3 鋳造法 鋳造作業にはいる前に、金型空どう内のガス抜きの向上、金型の保護、溶湯との焼付防止および温度こう配の適正をはかるため、金型表面に塗型を必要とする。

塗型は一般には、けい酸ソーダ5%の水溶液に黒鉛粉または滑石粉などを加えたものを用い、金型温度約150°Cで約0.3mm以下の厚さに塗布する。塗布後は金型をじゅうぶんに加熱乾燥してから注湯すべきである。押湯、湯口部分は同様な方法で塗型と乾燥をくり返しながら層状に厚く塗布するのがよい。

金型をガス加熱など適当な装置によって250~400°Cに予熱してから鋳込みを開始する。鋳込速度、鋳込温度、金型温度、鋳造周期などの不適當が鋳物不良の原因となるから注意が必要である。これらの条件は、それぞれ鋳物の形状や合金成分によって変化させることが必要である。

鋳込速度は、型内でのかすの発生、鋳物の温度こう配、型内の湯回りに影響があるので常に一定であるように注意し、そのために漏斗を用いるのもよい。

鋳造周期は金型温度、鋳物の温度こう配に関連し、熱間われや微細な収縮巣に大きな影響をもつので、中子の引き抜き時間、つぎの鋳込み開始までの時間が毎回一定であるようにしなければならない。

一般に、鋳込み温度は砂型の場合より高く700~780°C、金型温度は250~400°Cがよい。

鋳物の肉厚が厚くて金型が過熱され、したがって鋳物の組織も粗大になる部分は、空気または水など適当な方法で金型を冷却するのがのぞましく、逆に鋳物の肉厚が薄い部分は、鋳込み作業中でも金型の背部から加熱して徐冷させる。

7. シェル型鑄造法 製造数量が比較的多く、永続性のあるもので、とくに砂型に比べて寸法精度および鑄はだの平滑さを要するものには、シェル型鑄造法が適当である。この方法は他の鑄造方法と併用することも可能で、とくに中子だけをこの方法で作る、砂型および金型などに使用するのが便利である。

この方法は一般に各種アルミニウム合金に適用できるが、とくに平滑な鑄はだを必要とする場合には、アルミニウム-けい素系合金を用いる。

7.1 シェル金型 シェル金型はシェル成型機に適合するプレートに金属製模型を取り付け、これに合わせだば、割板および押しピンを付けたもので、その製作には適正な方案に基づいた設計が必要である。金型材料には、使用度数または耐用回数によって異なるが、鑄鉄、鋼、銅合金および軽合金が用いられる。プレート材料および押しピンは、使用条件に最も適した材質および寸法のものを用いる。鑄物尺は $\frac{10}{1000} \sim \frac{12}{1000}$ がよく、抜き角配は 1° 以上とし、幅木のすきまは $0.2 \sim 0.4 \text{ mm}$ とする。またシェル金型を設計する際には、できるだけ上下型を1枚にし、割板を用いて成型した型を分割するのが便利である。

7.2 湯口、湯道、せきおよび押湯 シェル型鑄造では、プレートの大きさや型抜き方向によって、湯口、湯道、せきおよび押湯の付け方に制限がある。縦鑄込みでは割合に自由な方案を採用することができるが、平鑄込みでは押湯をつける際にくふうを要する。材質による方案の立て方は、砂型の場合と同様に考えてよい。耐圧性を必要とする鑄物については、とくに押湯を大きくすることが必要である。

7.3 成型法 シェル鑄型の成型にはシェル成型機を用いる。使用砂は $105 \sim 177 \mu$ の乾燥したけい砂を用い、これに微細に粉砕したフェノール樹脂をけい砂に対し約5%混合し、この混合物をあらかじめ約 250°C に加熱し離型剤を塗布した金型上に接触させ、そのときの金型の熱によって局部的にフェノール樹脂を溶融させ、同時に熱硬化させる（この時間は約1分程度がよい）。金型上で硬化したシェル型を押しピンによって金型から離型させる。

成型した型は、中子にはいるものは中子を入れ、上下型を合わせて接着剤によって接着するか、または金具によって押さえて鑄造する。

7.4 鑄造法 シェル型鑄物の鑄造では、鑄型の正置、破壊防止および溶湯凝固を促進させるために、鑄物砂などでバックアップする必要がある。なお鑄型が変形するおそれのある場合は、重錘を使用するのがよい。また、バックアップ作業中に、鑄型の中にもちり、砂などがはいらぬよう注意する。

鑄込温度は $670 \sim 760^\circ\text{C}$ が適当であるが、砂型の場合よりも多少低めにするのがよい。鑄込の際、樹脂が燃焼して刺激性のガスを発生するので、鑄造場の換気にとくに考慮が必要である。

鑄込後、鑄型から鑄物を取り出すときには変形させないように注意する。また使用後のシェル鑄型は回収してシェル砂として再使用できるので、他の砂と混合しないようにするとよい。

8. 熱処理作業 鑄物の機械的性質を改善し、寸法の安定化または耐食性を増大させるために熱処理を行なうが、この処理は、溶体化処理および焼入焼もどしならびに焼なましまたはこれらの組み合わせによって行なわれる。

溶体化処理は、合金の硬化成分が基地の中へ均一に分布するように固溶させるために、合金の組織の一部が溶けない範囲でできるだけ高温に鑄物を加熱保持することである。

焼入は固溶した組織の過飽和の状態を常温で保持させるために、溶体化処理後適当な冷却剤を用いて急冷する操作である。

焼もどしは、溶体化処理および焼入後常温に放置した鑄物や鑄造のままの鑄物の過飽和に固溶している硬化成分が析出分離しようとして強さやかたさを増加するいわゆる析出硬化を行なわせ、かつ寸法を安定化し切削性をも改善するために、溶体化処理の温度よりも低い所定の温度である時間加熱し、冷却する操作である。この処理には溶体化処理および焼入のあとに行なう場合(T6)と、焼もどしだけを行なう場合(T5)とがある。

焼なましは、比較的高温で行なって寸法の安定化および伸びの増加をはかる場合と、比較的低温で加熱して鑄造ひずみを除去する場合とがある。いずれも焼もどしより幾分高い温度である時間加熱し、徐冷する操作である。

熱処理記号、処理および目的は、表5に示すとおりである。

表 5 熱処理記号, 処理および目的

記号	処理	目的
F	鋳造のまま	
T 21	焼なまし	寸法の安定化および伸びの増加。 鋳造ひずみの除去。
T 4	溶体化処理焼入	機械的性質および耐食性の向上。
T 5	焼もどし	かたさおよび切削性の改善ならびに寸法の安定化を T 6 処理によるほど必要としない場合。
T 6	溶体化処理焼入 および焼もどし	強さが最高, 伸びも中程度で切削性もよく, 寸法の安定化 を必要とする場合。

8.1 熱処理設備

8.1.1 熱処理炉は, 炉内の温度分布を均一にするために, 適当なかくはん装置のあるものが必要である。炉内各部の温度差は鋳物を装入した状態で, 所定の熱処理温度に到達したのち, $\pm 5 \text{ deg}$ 以下となるようにするのがのぞましい。温度調節は, 自動温度調節装置によるのがよい。

8.1.2 電気炉は温度調節が容易で, 炉内のふん囲気も清浄であるから熱処理炉としてのぞましいが, 装入する鋳物のどの部分へも熱が直接伝わらないように, その発熱体をおおう必要がある。

燃料としてガス, 重油または他の固体燃料を使用する炉の場合は, 適当な装置によって鋳物がこれら燃焼生成物に接触しないようにしなければならない。

8.1.3 自動温度調節器は, 記録式計器を備えるものが便利である。温度調節に使用する温度計および熱電対は, 定期的に校正する必要がある。

8.1.4 炉内に設ける鋼製のかごまたはたなは, 熱処理中および焼入のさいに空気や水などが容易に循環できるような構造とし, 鋳物を装入する場合は, 炉内空気の流れを著しく乱さないように配列に注意が必要である。また形状が複雑なものまたはすわりがわるいものは, 変形のおそれがあるから, 適当な受け台を用いるのがよい。

8.1.5 焼入そうは焼入効果を最良にする目的で, 溶体化処理ののち, 鋳物をできるだけ急速に冷却するために炉に接近して設け, そうはじゅうぶんな焼入速度が得られるだけの大きさにしなければならない。

8.1.6 焼入によって鋳物に発生するひずみや変形を最小にするために温水を使用できるように, 焼入そうに適当な加熱装置およびかくはん装置を設けると便利である。

8.2 溶体化処理および焼入

8.2.1 溶体化処理の温度が高すぎると鋳物が局部的に溶解して機械的性質が低下し, 温度が低いか, 保持時間が短いか, または焼入が不適当な場合にも機械的性質が低下するから注意が必要である。

不適当な処理を行なった鋳物は, 温度が高すぎた場合を除き, ふたたび正規の処理を行なえば救われることもある。各種の合金に対する適当な溶体化処理の温度および保持時間は, 付表 2 のとおりである。

8.2.2 鋳物の肉厚が均一でない場合は, その最大肉厚によって溶体化処理の保持時間を決定しなければならない。金型鋳物および薄肉の砂型鋳物は, 厚肉の砂型鋳物に比較して保持時間を短縮してもよい。

8.2.3 鋳物が最高の機械的性質を得るためには, 溶体化処理を終わったのち, 炉から取り出してから冷却剤に完全に浸せきするまでの時間をできるだけ短くするのがよい。

8.2.4 冷水焼入で変形やわれを起こした鋳物は使用中に腐食する傾向が著しい。鋳物実体で所要の機械的性質が得られるならば, 油, $65 \sim 100^\circ \text{C}$ の温水, 水噴射または衝風焼入を行なってもよい。

8.2.5 焼入直後の鋳物は伸び率が高いので、変形した鋳物はきょう正することができるが、常温においても析出硬化が進行するから、焼入後できるだけ早く、また焼もどし処理の前にきょう正するのがよい。

8.3 焼もどし 焼もどしの程度や時間が不適当な場合は、目的とする機械的性質が得られないから注意を要する。焼もどしふじゅうぶんの鋳物は、必要とする機械的性質が得られるまで、ふたたび焼もどし処理を続行するのがよい。焼もどし温度が高すぎた場合は、ふたたび溶体化処理から熱処理をやり直すのがよい。

各種類の合金に対する適当な焼もどしの温度および時間は、付表2のとおりである。

8.4 焼なまし 焼なましの適当な温度および保持時間は、付表2のとおりである。

9. 不良の原因およびその対策 アルミニウム合金鋳物のおもな不良は、ブローホール、ピンホール、引け、酸化物などの混入、熱間われ、変形およびプリスタである。これらの不良は、溶解、鋳造、造型および熱処理の各作業の一部または全部を改良するか、変更することによって防止することができる。

9.1 ブローホール ブローホールは、注湯の際に溶湯の動揺が激しく行なわれることに起因することが多く、中子や鋳型の通気度が低い場合にも生じやすい。また溶湯が水分を吸着している冷し金、または鋳ぐるまれるものの表面、または乾燥ふじゅうぶんな中子または金型に接触したときに生ずる水蒸気によって生ずることがあり、中子粘結剤に含まれる揮発分もブローホールの原因となることがある。

これらの発生を防止するには、つぎのようにするのがよい。

- (1) 適当な通気度をもちガス抜き孔をじゅうぶんに設けた中子を使用する。
- (2) 鋳型の通気性をじゅうぶんにする。
- (3) 鋳型の水分およびそのほかの揮発分の含有量を最小にする。
- (4) 冷し金や鋳ぐるむものは、すべて鋳型へおさめる前にじゅうぶんに乾燥する。
- (5) 鋳込の際に巻きこまれるガス量を最小にする。
- (6) 溶湯の乱流をなくすように、湯口、湯道およびせきを変更する。

9.2 ピンホール ピンホールは、おもに溶湯が水分と接触することなどによって吸収した水素を鋳物の凝固中に放出するために生ずるものである。

ピンホールの発生を防止するには、つぎの方法によるのがよい。

- (1) 溶解温度および鋳込温度が高すぎないようにする。
- (2) くず金に付着している油や、吸着されている水分などをじゅうぶんに取り除いて装入し、また適当な脱ガス処理および溶剤添加をじゅうぶんに行なう。
- (3) 溶解、溶湯の運搬および鋳込の際に溶湯の激動を避ける。
- (4) 凝固を過度に遅くしないようにする。
- (5) 砂の水分含有率を過剰にせず、また造型するときに砂を過度につき固めて通気性を害さないようにする。
- (6) 適当な冷し金を使用し、必要があれば湯口、湯道、せきおよび押湯を変更する。
- (7) 作業場の湿度が高い場合には、とくに溶解に注意し、脱ガス処理をじゅうぶんに行なう。

9.3 引け 引けによる欠陥は、凝固の際の溶湯の補給がふじゅうぶんな場合または正常な凝固が行なわれない場合に生ずるもので、適当な押湯または押湯と冷し金の組み合わせによるか、もしくは湯口、湯道およびせきを変更することによって防止することができる。

比較的大きな結晶粒をとまなう外引けは鋳込温度が高すぎたため、この発生を防ぐには鋳込温度を低くするか、または湯口の数を増加することによって低温度の溶湯を鋳込むようにするのがよい。せきの付近に引けを生ずる場合は、せきと湯道の中間に押湯を設けるのがよい。

9.4 酸化物などの混入 鋳物に酸化物などが混入することは鋳造の各作業の不注意によるもので、表面がきわめて清浄でないくず金を溶解し、溶解炉、とりべおよび湯くみの中でかすを除くのがふじゅうぶんな場合、鋳造および造型法が不適当で注湯の際に溶湯の動揺が激しい場合によることが多い。この場合には除さいおよび溶湯の取り扱いを

注意して行ない、湯口、湯道およびせきを変更するのがよく、また適当な金網を湯道またはせきに設けるのもよい。

9.5 熱間われ 熱間われは、鋳造後鋳物の凝固または冷却期間中に生ずる過剰の応力によるわれで、合金の収縮に対する抵抗を排除するか、または適当な方法で鋳物の弱い部分を強化すれば、その発生を防止することができる。

つぎに示す方法によるのがよい。

- (1) 砂のつき固め方を軽度にする。
- (2) 可縮性の大きな中子を使用する。
- (3) 湯口、湯道、せき、押湯および冷し金を変更して鋳物全体がさらに適当な温度こう配になるようにする。
- (4) 熱間われを生ずる場所に補強のリブ、面取りまたはひれを設けてその部分を強化する。
- (5) 鋳物を鋳型から取り出す場合および中子の砂落しを行なう場合には鋳物の取り扱いにじゅうぶん注意する。
- (6) 合金の種類、組成、不純物によってわれの発生しやすい場合があるので注意が必要である。

9.6 変形およびわれ(熱処理および溶接によるもの) 薄肉または複雑な形状の鋳物は、焼入の際に変形またはわれを生ずるものが多い。この変形またはわれを防止するには、指定された熱処理に応じて沸騰水、水噴射、衝風または静止空气中で冷却して焼入の際の急速な温度降下を緩和する。焼入によって変形した鋳物は焼入れ後すみやかに適当な方法できょう正し、つぎに焼もどしを行なう。

溶接によって発生する変形またはわれをできるだけ少なくするには、予熱ののちに溶接を行ない、溶接したのちに鋳物をわら灰、けい砂などのような急激な冷却を防止するものの中にうずめ、または炉内で徐冷するのがよい。

9.7 プリスタ プリスタは鋳物の熱処理の際に加熱温度が高すぎた場合に表面に生ずる欠陥であるが、これを生じた鋳物は救助することができないので、この欠陥の発生を防止するには、保持温度および昇温速度の温度管理をじゅうぶんにして加熱温度を上げすぎないようにする必要がある。

10. 救助法 鋳物の欠陥が比較的小さく、使用上さしつかえない場合は鋳物の生産者と使用者の合意によって救助を行なってもよい。救助法のおもなものは、溶接法および漏れ止め処理である。

10.1 溶接法 溶接は酸素アセチレン炎または酸水素炎によるガス溶接、金属の電極による電弧溶接またはアルゴンガスを用いるアルゴン電弧溶接が用いられる。アルゴン電弧溶接は溶剤が不要なために、内部に溶剤が残って溶接部の強さおよび耐食性を低下させるおそれがなく、また溶接速度を速くすることができるので便利であるが、電極にタングステンを使用する場合は、タングステンが不純物として混入することがあるので注意しなければならない。

2種Aおよび2種Bの合金は、とくに複雑な鋳物や肉厚の変化が著しい鋳物の場合を除いては溶接によってわれを生ずる傾向が少なく、比較的容易に溶接することができる。1種A、5種A、7種Aおよび7種Bの合金は、溶接の際にわれを生じやすいから注意が必要である。

また溶接に際し、溶融金属の酸化によってかすを生じやすいので、完全な溶接は容易でないからとくに注意を要する。

10.1.1 溶接用材料 溶接棒には5~10%けい素を含むアルミニウム合金が用いられることもあるが、鋳物と同じ化学成分のものを用いるのがよい。とくに溶接ののち熱処理を行なう場合は後者による必要がある。

溶剤はアルカリ金属またはアルカリ土類金属のハロゲン化物が用いられるが、もっとも有効な成分は塩化リチウムで、塩化カリウム、ふっ化カリウム、塩化ナトリウムおよび塩化リチウムなどの混合塩を用いる。

アセチレンは、カーバイドから発生する不純物が溶接金属を劣化させたり、爆発の危険を生じやすいので、これらを避けるために高純度のカーバイドによる発生アセチレンを用いるか、または溶解アセチレンを用いるのがよい。

10.1.2 溶接作業上の注意

- (1) アルミニウム合金は比熱および熱伝導度が大きいため、溶接する部分を短時間内に溶かすためには高温の熱源を必要とするが、一方溶融点は比較的に低いので溶かしすぎ、かえって欠陥部を拡大するおそれがあり、また、この合金は酸化しやすく、しかも生じた酸化アルミニウムが除去しにくいから注意が必要である。
- (2) 溶接する部分は、かすや酸化物などをじゅうぶんに取り除いて清浄にする必要がある。また、溶接作業中

に発生するかすおよび微細な引け巣などをじゅうぶん除去しながら溶接する。

- (3) 大形または複雑な鋳物は溶接による変形やわれの発生を防止し、溶接に必要な温度に容易に到達するように鋳物全体を 8.1 に示すような適当な炉に装入して、大物は約 400°C、中物は 300~350°C、小物は 250~300°C に予熱するのがよい。
- (4) 溶接後の鋳物は、われの発生を防ぐために徐冷する必要がある。
- (5) アルゴン電弧溶接以外の溶接法を行なった鋳物は耐食性の劣化および強さの低下を防止するために、温水に浸せきして、溶接部にある溶剤のこみ跡を完全に溶解し去ることが必要である。
- (6) 熱処理を必要とする鋳物の溶接は熱処理前に行なう必要があり、熱処理済の鋳物を溶接した場合は溶接後ふたたび所定の熱処理を施す必要がある。
- (7) ガス溶接の場合はアセチレンガス発生器内への逆火を防止するために、必ず安全器を使用しなければならない。電弧溶接の場合は強い電流に触れないよう注意する必要がある。いずれの場合でも、強い光の障害を受けないように適当な眼鏡を用いることが必要で、また手袋、防護面その他の適当な防具を使用して作業者の全身を保護する必要がある。

10.2 漏れ止め処理 漏れ止め処理は、鋳物が気圧または水圧漏れによって不良になった場合に行なわれる救助法で、適当な充てん剤を鋳物の欠陥部に浸透させて、所定の圧力試験に合格させる方法である。この処理は、鋳物の熱処理、溶接または機械加工などののちに行なわなければならない。

充てん剤には、おもにけい酸ソーダ水溶液および合成樹脂、うるし、エナメルなどをそれぞれ適当な希釈剤に溶かした溶液が用いられる。また、けい酸ソーダと金属酸化物および防せい剤などを混合した溶液も効果がある。

処理方法をつぎに示す。

方法一1 比較的大きな鋳物を個々に処理するときによく用いられる方法で、まず鋳物の内部を清浄にしたのち、鋳物および充てん剤を適当な温度に加熱し、鋳物の開口部1箇所を残して全部を密閉する。ついで1箇所の開口部から鋳物の中へ水圧ポンプにより充てん剤を充満させ鋳物内部を加圧するか、または鋳物内部に充てん剤を加圧しながら循環させる。加圧は鋳物の欠陥部を通して充てん剤が浸み出るか、または欠陥部にじゅうぶん充てんされるまで加圧する。

方法一2 多数の比較的小きな鋳物を同時に処理するときによく用いられる方法で、まず内外面を清浄にした鋳物を圧力タンクの中に入れる。ついで圧力タンクを真空ポンプにより約 650 mm Hg またはそれ以下に減圧したのち充てん剤を入れる。充てん剤はその性質により適当に加熱し、その液面が鋳物の最上部より最小 15 cm 程度高くなるように入れなければならない。その後これを適当時間加圧して、充てん剤を鋳物へじゅうぶんに加圧浸透させる。処理後は加圧を止めて充てん剤を圧力タンクから除き、鋳物を取り出す。

以上の漏れ止め処理ののち、さらに充てんを確実にするために、充てん剤が付着したままか、または水などの洗浄剤で付着した充てん剤を除去した鋳物を、8.1 に示すような適当な炉に装入し、適当時間加熱して焼付けを行なうか、または常温に放置して自然乾燥させる。

方法一1 にけい酸ソーダ水溶液を用いる場合は、けい酸ソーダと温水との比が 1:5 の混合液を 65~95°C の温度で使用するのが適当で、水圧ポンプの圧力は 3.5~7 kg/cm² でじゅうぶんである。処理後は鋳物を温水で完全に洗浄したのち約 100°C で 1~2 時間加熱する。以上の操作が 1 回でふじゅうぶんな場合は数回くり返して行なう。また、けい酸ソーダ水溶液の濃度は、救助すべき鋳物の欠陥状態により適当に選ぶのがよい。

方法一2 にけい酸ソーダと金属酸化物および防せい剤などを混合した溶液を用いる場合には、この溶液を原液のままかまたは適当に水で希釈して約 50°C に加熱し、6~8 kg/cm² の圧力で、20~30 分間加圧する。処理後は鋳物を水でじゅうぶんに洗浄したのち 12 時間以上常温に放置する。以上の操作が 1 回でふじゅうぶんな場合はくり返して行なうが、3 回以上行なっても効果は少ない。この場合は液の濃度を適当に変化させるのがよい。

付表 I 新地金配合の場合の使用すべき地金の種類の例と標準成分(4.1 参照)

種類	記号	使用地金	標準成分 %					
			Cu	Si	Mg	Mn	Ni	Al
アルミニウム合金鋳物 1種 A	AC1A	アルミニウム地金 アルミニウム-銅合金地金 アルミニウム-けい素母合金	4.5	0.8	—	—	—	残部
アルミニウム合金鋳物 2種 A	AC2A	アルミニウム地金	4.0	4.5	—	—	—	残部
アルミニウム合金鋳物 2種 B	AC2B	アルミニウム-銅母合金 アルミニウム-けい素母合金	3.8	6.3	—	—	—	残部
アルミニウム合金鋳物 3種 A	AC3A	アルミニウム地金 アルミニウム-けい素母合金	—	12.0	—	—	—	残部
アルミニウム合金鋳物 4種 A	AC4A	アルミニウム地金 アルミニウム-けい素母合金 マグネシウム地金 アルミニウム-マンガン母合金	—	9.0	0.6	0.6	—	残部
アルミニウム合金鋳物 4種 B	AC4B	アルミニウム地金 アルミニウム-銅母合金 アルミニウム-けい素母合金	3.0	9.0	—	—	—	残部
アルミニウム合金鋳物 4種 C	AC4C	アルミニウム地金 アルミニウム-けい素母合金 マグネシウム地金	—	7.0	0.3	—	—	残部
アルミニウム合金鋳物 4種 D	AC4D	同上+アルミニウム-銅母合金	1.3	5.0	0.5	—	—	残部
アルミニウム合金鋳物 5種 A	AC5A	アルミニウム地金 アルミニウム-銅母合金 マグネシウム地金 アルミニウム-ニッケル母合金	4.0	—	1.5	—	2.0	残部
アルミニウム合金鋳物 7種 A	AC7A ⁽¹⁾	アルミニウム地金 マグネシウム地金 アルミニウム-マンガン母合金	—	—	4.5	0.4	—	—
アルミニウム合金鋳物 7種 B	AC7B ⁽¹⁾	アルミニウム地金 マグネシウム地金	—	—	10.0	—	—	残部
アルミニウム合金鋳物 8種 A	AC8A	アルミニウム地金 アルミニウム-銅母合金 アルミニウム-けい素母合金	1.1	12.0	1.0	—	1.7	残部
アルミニウム合金鋳物 8種 B	AC8B	マグネシウム地金 アルミニウム-ニッケル母合金	3.0	9.5	1.0	—	1.0	残部

注 (1) 7種 A, 7種 B にはアルミニウム-ベリリウム母合金またはアルミニウム-マグネシウム-ベリリウム母合金を使ってベリリウムを添加することがある。

付表 2 各種合金に対する適当な熱処理温度および保持時間

種類	記号	質別	溶体化処理		焼入 冷却法	焼もどし		焼なまし		かたさ ブリネル 10/500/30
			温度 °C	時間 h		温度 °C	時間 h	温度 °C	時間 h	
アルミニウム鋳物 1種A	AC1A	T6	515	6~12	水冷	160	約6	—	—	約80
アルミニウム鋳物 2種A	AC2A	T6	500	6~12	水冷	160	約6	—	—	約90
アルミニウム鋳物 2種B	AC2B	T6	500	6~12	水冷	160	約6	—	—	約90
アルミニウム鋳物 4種A	AC4A	T6	515	6~12	水冷	170	約10	—	—	約90
アルミニウム鋳物 4種B	AC4B	T6	500	6~12	水冷	160	約6	—	—	約90
アルミニウム鋳物 4種C	AC4C	T5	—	—	—	—	約8	—	—	約55
		T6	520	6~12	水冷	160	約6	—	—	約85
アルミニウム鋳物 4種D	AC4D	T6	525	8~12	水冷	155	約5	—	—	約90
アルミニウム鋳物 5種A	AC5A	T21	—	—	—	—	—	350	約3	約65
		T6	510	4~6	水冷または空冷	200	約6	—	—	約110
アルミニウム鋳物 7種B	AC7B	T4	425	20以上	空冷	—	—	—	—	約75
アルミニウム鋳物 8種A	AC8A	T5	—	—	—	175	約16	—	—	約90
		T6	520	3~8	水冷	170	約16	—	—	約110
アルミニウム鋳物 8種B	AC8B	T5	—	—	—	200	約8	—	—	約90
		T6	520	3~8	水冷	170	約16	—	—	約110

備考 AC5A以外の材質に対する焼なまし条件は、300°Cで2~10hが適当である。

アルミニウム合金鋳物製造作業標準 解説

1. 合金の基本的性質 JIS H 5202 (アルミニウム合金鋳物)に定められた合金は Al-Cu 系, Al-Si 系, Al-Mg 系, Al-Si-Cu 系, Al-Cu-Ni-Mg 系および Al-Si-Cu-Ni-Mg 系の 7 種類に大別される。

1.1 Al-Cu 系合金 (1 種 A) Al-Cu 系では、銅はアルミニウムに対して共晶温度 548°C で 5.7% 固溶するが常温ではほとんど固溶しない。そのためこの系の合金は熱処理が可能で、これにより機械的性質が改善される。また、銅はアルミニウムの切削性をよくするが、耐食性を著しく低下させる。

4~5% 銅を含む 1 種 A は共晶温度直下で溶体化処理を行なうと、銅の大部分がアルミニウム中に固溶して最大の熱処理効果が得られる。この合金は凝固温度範囲が広いために、凝固に際して樹枝状晶間への溶金の補給が困難で、この部分に細かいひげ果を生じやすく、また熱間われの原因となりやすい。また、溶金中に吸収されたガスもここに残留してピンホールとなりやすい。

この合金にけい素が少量に添加されると、押湯効果の改善や熱間われ防止に効果があるが、融点の低い三元共晶が生じるので溶体化処理温度に注意を要する。けい素量の増加に従い機械的性質が低下する。鉄の添加は少量ならば熱間われの防止に効果があり、マグネシウムの添加は切削性を改良するが靱性が減少してもろくなる。

1.2 Al-Si 系合金 (3 種 A) Al-Si 系の共晶点に近い組成をもつ 3 種 A は湯流れがよく、熱間われがなく、溶接性および耐食性もよいので、主として薄肉の大形鋳物、または形状の複雑な鋳物に用いられる。徐冷されるとけい素が組織内に粗く析出するために、機械的性質と切削性が低下し、また肉厚部に欠陥を生じやすい。この対策として凝固時の冷却速度を早めるか、またはナトリウムによって改良処理を行なう。ナトリウムがこの合金に少量添加されるとけい素が細かく組織内に分散して機械的性質が著しく向上する。しかし、この処理をすることは鋳物にピンホールを発生しやすいので注意を要する。

1.3 Al-Mg 系合金 (7 種 A, 7 種 B) アルミニウムにマグネシウムを添加すると、耐食性、陽極酸化皮膜の形成性を低下することなく、強さ、かたさおよび切削性が向上する。さらにこの系の合金は、アルミニウム合金中で最も靱性が高い。しかし、この合金は溶解時に酸化してドロスを生じやすく、鋳造性が劣る。また熱間われを生じやすく、しかも押湯効果、冷却効果が少なく鋳造歩留りが低い。そして鋳型反応が起こりやすく、この傾向はマグネシウム量が多いほど著しい。

マグネシウムの低い 7 種 A は単相合金で、耐食性と陽極酸化処理を目的とする用途に広く使用される。マグネシウムの高い 7 種 B は Al-Cu 系と同様に熱処理効果があり、7 種 A よりは耐食性は劣るが、強さ、かたさは高い。

マンガンの添加は溶解と鋳造を容易にし、鉄混入の害を防止する。しかし、熱処理効果を妨げるため 7 種 B には添加できない。けい素は約 1% の添加でこの合金の鋳造性および熱間われを改良するが、多くなると、とくに 7 種 B では耐食性が低くなる。鉄、亜鉛、ニッケルおよび銅は、この合金の耐食性を著しく害する。ベリリウムはこの合金の酸化を防ぎ、ドロスの生成と鋳型反応を防止する。

1.4 Al-Si-Cu 系合金 (2 種 A, 2 種 B, 4 種 B) この系の合金は、Al-Si 系合金に銅を添加することによって切削性と機械的性質を改善したもので、熱処理によってこの性質はさらに向上する。とくにけい素の多い合金ではナトリウムによる改良処理が可能である。この合金は耐圧性、湯流れがよく、熱間われ、ひげ果が少ないため、機械用として広範囲に利用され、金型鋳物にも適している。

この合金に対するマグネシウムの添加は、 Mg_2Si の析出硬化により強さを増すが伸びを減少する。また鉄は伸びを減少し、さらにけい素の多い合金で三元化合物を生じてもろくなる。

1.5 Al-Si-Mg 系合金 (4 種 A, 4 種 C, 4 種 D) この系の合金は、Al-Si 系合金に少量のマグネシウムを添加す

H 9151-1966 解説

ることにより Al-Si 系合金の特性を失わずに機械的性質と切削性を改善したものである。機械的性質は Mg_2Si の析出硬化を利用する熱処理によって改善されるが、伸びの高い値を得るためにはナトリウムによる改良処理が必要である。

なお、このマグネシウムの添加量は機械的性質に重要な影響をもつので、とくに注意を必要とする。

1.6 Al-Cu-Mg-Ni 系合金 (5 種 A) この系の合金は、Al-Cu 系合金のもつ機械的性質と切削性に加えて、ニッケルの添加によって耐熱性をもたせ、熱処理によってさらに機械的性質が得られる合金である。この合金は湯流れはそれほど悪くはないが、熱間われ、気圧もれ、ひけ巣を発生しやすいので、冷却速度の早い鋳造方法が望ましい。

この合金に対するけい素の混入は Mg_2Si の析出硬化をともない硬度が増し、伸びが下がるので望ましくない。鉄は硬さを増すが、ひけ巣の原因となる。マンガンは、この合金ではそれほど害にはならない。

1.7 Al-Si-Cu-Mg-Ni 系合金 (8 種 A, 8 種 B) この系の合金は Al-Cu-Mg-Ni 系合金と比較して鋳造性がよく、熱膨張係数が小さく、また、耐摩耗性もよい。8 種 A は共晶付近、8 種 B は亜共晶のけい素を含み、ピストン用として使用される。とくに熱膨張係数、耐摩耗性を必要とするときには過共晶けい素合金を、また機械加工性をとくに必要とするときは亜共晶けい素合金を用いる。8 種 B は 8 種 A に比較してニッケルを少なくし、その代わりに銅を多くして機械的性質を向上させたもので、鋳造も比較的容易である。

1.8 合金元素の一般的影響 アルミニウム合金に及ぼす各種元素の一般的影響はつぎのとおりである。

- (1) けい素 けい素はアルミニウム合金の湯流れをよくし、またひけを少なくするため耐圧性を改善する。
その他 溶接性を改善し、熱膨張係数を小さくし、多量に添加すれば耐摩耗性を向上するが、切削性が悪くなる。
- (2) 銅 銅はアルミニウム合金の機械的性質と切削性を改善するが、耐食性および湯流れを悪くし、また熱間われの原因となる。
- (3) 鉄 少量の鉄はアルミニウム合金のひけを少なくし、結晶を微細化するが、一般には機械的性質を低下させる。とくに 5% 以上のけい素を含む合金では三元化合物を生じて組織が粗大化し、もろくなる。
- (4) マンガン マンガンは、アルミニウム合金の結晶微細化とひけ防止に効果があるが、その添加量は合金中の鉄の量に応じて変える必要があり、これを誤ると粗大な初晶が生じて機械的性質が著しく低下する。
- (5) マグネシウム マグネシウムは、アルミニウム合金の機械的性質と切削性を改善するが、湯流れと耐圧性を悪くし、また熱間われが著しくなる。けい素を含む合金に対しては、 Mg_2Si の析出硬化によって機械的性質を改善する。また 8% 以上のマグネシウムを含む合金は熱処理によって機械的性質を改善する。
- (6) ニッケル ニッケルは、アルミニウム合金の高温における機械的性質を改善する。この添加量が 5% 以上になるとアルミニウム合金はひけが著しくなる。
- (7) チタン 少量のチタンの添加は、アルミニウム合金の結晶を微細化し、機械的性質を改善する。
- (8) 亜鉛 亜鉛はマグネシウムとともに添加するとアルミニウム合金の機械的性質を改善するが耐食性を悪くし、添加量が多くなるとひけが著しくなる。
- (9) ベリリウム ベリリウムは優先酸化し、溶湯表面に安定な保護皮膜を生成する。したがって、Al-Mg 系合金の溶解時の酸化を防ぎ、かすの生成を阻止し、機械的性質と湯流れを改善する。

2. 溶解作業 溶解作業は鋳造工程の中でもとくに重要な工程である。この作業は、単にその管理上の難しさだけでなく、実際の操業上にも幾多の困難をともなう。鋳物の欠陥の約半分は溶解および鋳込みに起因する。したがって、良質鋳物の製造には慎重な溶解と鋳込みが必要である。

2.1 溶解装置

- (1) 溶解炉 溶解炉の選択には能力や効率に関心が寄せられがちであるが、最も重要なのはこれから得られる溶湯の良否である。良質の溶湯を得るには、炉の能力や効率を多少犠牲にした設計が必要なこともある。

アルミニウム合金を溶解する炉には、一般に二つの型式がある。すなわち、装入地金に炎や燃焼生成物が直接接触するものと、るつぼなどを通して間接的に加熱溶解するものである。

- (a) るつぼ炉 るつぼ炉は構造が簡単で製作が容易なため、アルミニウム合金では広く使用されている。この炉には、溶湯をくみ上げる定置式と炉を傾けて溶湯を取なべに移す傾動式とがある。るつぼは鈎鉄製または黒鉛製であり、鈎鉄製のるつぼは熱伝導性がよく、またくり返しの使用に耐えるので最も多く利用されている。しかし、鈎鉄製のるつぼでは鉄がアルミニウム合金中へ溶け込みやすく、合金の性質を悪くし、品質管理を困難にする。そこで適当な塗布剤を鈎鉄製のるつぼにライニングして溶湯が直接鉄と接触するのを防ぎ、鉄の影響をできるだけ少なくする。しかし溶解中にライニングが剥離することがあるので注意を要する。ライニングは適当な厚みで均一にし、じゅうぶんに乾燥することが必要である。黒鉛るつぼは Al-Si 系および Al-Mg 系合金のような機械的性質や耐食性に鉄の影響を受けやすい合金を溶解する際によく用いられる。450 kg 程度までの溶解能力をもつるつぼ炉が使用されるが、一般には 150 kg 程度のものがよく用いられる。
- (b) 反射炉 反射炉は大量の合金を溶製することが可能で、溶解経費が比較的安い。同質の合金を大量に必要とする場合は、反射炉で溶製した溶湯を保持炉に移して使用することが多い。これによって成分組成の一定した溶湯が得られる利点がある。
- (c) 燃料 溶解炉の燃料は炉の形式にかかわらず一般にガス、重油、コークスまたは石炭が使用される。重油は安価で燃焼状態の調節ができるので最もよく用いられている。重油およびガスを使用する場合には自動調節装置でバーナを調節でき、温度管理が可能である。コークスは温度上昇が遅く、その調節が困難で、とくに温度管理上推奨できない。

電気炉はこれまでアルミニウム合金鈎物の溶解用にはあまり使用されなかった。これは溶湯管理、とくに温度管理とガス吸収の防止には非常に有利である。最近では各種合金の大量溶解に適する低周波誘導炉が開発されつつある。設備費および電力事情などの経済面を考慮してこれら電気炉の採用を決めるのがよい。

- (2) 溶解用器具 るつぼ、取なべ、湯くみ、垢上げなどの直接溶湯に接して使用される器具類には、これにより溶湯中へ不純物や鉄などが混入しないようにじゅうぶんな注意を必要とする。この目的に使用される塗布剤の一例をつぎに示す。

アルミナ粉末	3.2 kg	または	きら粉	3.8 kg
水	6.4 ℓ			
けい酸ソーダ	2.0 ℓ			

この塗布剤は、るつぼや器具をきれいに掃除したのち、約 120°C に加熱しながら繰返し塗布し、適当な厚みの均一な皮膜を作る。このライニングが厚すぎるとはがれやすくなるので注意を要する。ライニングしたるつぼなどは、使用する前にじゅうぶんに乾燥し、水分を完全に蒸発させる。

- (3) 温度測定および温度制御 アルミニウム合金鈎物の製造において溶湯温度の正確な測定と制御は鈎物の品質および性能を大きく左右する。溶解温度および鈎込温度が高すぎると粗大結晶、気泡などの欠陥が生じやすく、また、これがあまり低すぎるときには湯境いなどを生じやすい。また個々の鈎物には、それに適した鈎込温度範囲がある。アルミニウム合金溶湯の温度測定には、鉄の場合に用いる光高温計は使用できない。直接溶湯に浸漬して测温する熱電対温度計を使用する。

- (a) 温度計 クロメル-アルメルまたは白金-白金ロジウム熱電対を利用する温度計なら、どの形式の温度計でも使用できる。適当な時期にときどき校正が行なわれていれば、零点を補正する程度で温度計自体の誤差はさほど生じない。温度測定の誤差は、ほとんど熱電対の誤った使用および高温かつ長時間の使用による熱起電力の変化に起因している。したがって、温度計は常に使用熱電対に組合せて補正しなければならない。補正には純金属の凝固点を測定して、凝固温度と温度計の読みを比較する方法とすでに補正されている他の温度計と比較する方法がある。

- (b) 熱電対 アルミニウム合金鑄造に必要な 650~800°C の温度範囲では、一般にクロメル-アルメル熱電対が用いられる。熱電対は、そのまま使用する状態に製作されたものを購入するのが一般的であるが、それぞれの線を長いま購入し、必要に応じて製作してもよい。いずれにしてもその特性が補償されていることを確かめる必要がある。熱電対を炉内に長時間浸漬して使用する場合には、線径の太いものを使用する。しかし、急速に追従させる必要がある場合には線径のごく細いものを使用する。またクロメル-アルメル熱電対は長く使用すると誤差が大きくなるので、しばしば補正する必要がある。
- (c) 保護管 保護管は熱電対を溶湯から保護するためのもので、先端を封じた黒鉛、石英、25クロム鋼、鉄などの管が使用される。これらのうちで鉄製のものにはライニングを行なうのがよい。

2.2 溶解と鑄造

- (1) ガス吸収と酸化 溶解で重要な問題は、溶湯のガス吸収(おもに水素吸収)と酸化である。アルミニウム合金鑄物の気泡は溶湯に吸収された水素に起因する。この吸収水素はおもに溶湯と水分との反応によって生成する水素が吸収されたものである。その供給源は一般に大気、燃料の燃焼生成物、鑄型材料、溶解前の地金表面などに含まれるか、または付着して存在する水分である。したがって、ガス吸収は大気中の湿度が高い場合や燃焼生成物と溶湯との接触が多いほど著しい。

溶湯表面に生成する酸化皮膜は、これらふん囲気と溶湯とを遮断するものと考えられる。もし溶湯が静置の場合には、この酸化膜が破られずに溶湯をふん囲気から保護し、ガス吸収の進行を防ぐことができる。しかし溶湯が動揺してその表面の酸化皮膜が破られると新しい溶湯面と水素が接触し、ガス吸収が急速に進行する。したがって溶解に際し溶湯表面の動揺をできるだけ少なくし、ガス吸収を防止することが大切である。またガス吸収は溶湯のくみ出しや運搬などの際にもじゅうぶんに注意が必要である。

アルミニウムの酸化皮膜は溶解時の酸化の進行およびふん囲気からのガス吸収を防止する。しかし酸化の結果としてドロスが生じ、これがアルミニウムの比重とあまり変わらないことから溶湯へ混入しやすく、ためにドロスは鑄物へ巻き込まれ、欠陥となりやすい。粗雑な溶解法、過剰なかくはんおよび乱暴な運搬などの作業がその原因となる。

また溶解の際に返り材やくずなどの単位重量当りの表面積の広い装入物が多いと酸化物の生成やガス吸収の可能性が大きいため、これらはなるべくインゴットに鑄造したのち、再溶解することが望ましい。その溶解にはフラックスの使用が非常に有効である。

- (2) 溶解方法 溶解で最も注意すべきことは、前項で述べたガス吸収および酸化である。したがって溶解は急速に行ない、過度の温度上昇を避け(800°C以下)、不必要なかくはんで表面の酸化皮膜を破らないようにし、ふん囲気中の水分をできるだけ低く保つことが必要である。重油またはガスを燃料とする炉では、常に完全燃焼の状態にバーナを調節しなければならない。

溶解の際の成分変動としておもに溶解器具からの鉄の混入および酸化しやすい元素(マグネシウム)の酸化消耗がある。前者はライニングによって防止できる。しかし後者は完全には防止できないので、酸化消費量を予測して配合しなければならない。

- (3) 脱ガス処理 脱ガス処理にはガスを吹込む方法とフラックスを使用する方法の二種類が主に使用され、いずれの方法も脱ガスと同時に酸化物やドロスを除去する作用がある。この処理に使用するガスおよびフラックスはじゅうぶんに脱湿したものでなくてはならない。ガスまたはフラックスが吸湿しているときにはかえって水素を溶湯中に吸収させ、溶湯の質を悪くするので、とくにこのことには注意を要する。

脱ガス処理は溶湯表面のドロスを取り除いたのち、適当な溶解温度で行なう。生じたドロスは鑄込前に除去する。処理後の溶湯は適当時間保持してガスや酸化物をさらによく分離させてのち鑄型に鑄込むが、この際の作業はガスの再吸収を防止するためにできるだけ短時間で行なうことが望ましい。

- (a) ガス吹込みによる脱ガス この脱ガスには塩素、窒素および不活性ガスが広く用いられる。これらはいずれも耐火物製の管（黒鉛または石英管）またはライニングした鉄管により溶湯底部に吹込む。その際、溶湯表面で溶湯が飛散することのないように吹込み量を調節する。溶湯面が荒れることによって、溶湯は炉内ふん囲気によって再び酸化およびガス吸収しやすくなる。吹込み管は、溶湯中にそう入する前に予熱する。

塩素ガスは、溶湯中でアルミニウムと反応して塩化アルミニウムを生じる。この化合物はアルミニウム合金の溶解温度よりもはるかに低い温度で昇華するためあわを生成して、このあわが塩素ガス自体のあわとともに溶湯中を浮上する。溶湯中に吸収されているガスはその際にこれらのあわの中に拡散して除去されるものと考えられる。塩素の吹込みによって溶湯の温度が上昇するので、処理温度はやや低くするのがよく、約720°C付近が適当とされている。しかしこの処理はマグネシウムなどのいくつかの活性な元素を減少させる傾向があるので、とくに4種A、4種Cおよび4種Dでは注意を要する。

窒素、アルゴンまたはヘリウムなどの不活性ガスによる脱ガス作用は主として平衡関係から溶湯表面のふん囲気へ、または溶湯中のこれらの気泡へ吸収水素が拡散して脱ガスされる方法である。塩素と同様に溶湯底部へ吹込まれる。この際の溶湯温度は低下しやすいので塩素処理の場合よりもやや高めの方がよい。しかしこの方法は塩素脱ガスほど有効ではない。したがって塩素と窒素を併用または混合して使用することもある。

- (b) フラックスによる脱ガス このフラックスには六塩化エタンまたは塩化亜鉛と塩化アルミニウムなどが用いられる。粉末状フラックスはアルミニウムはくなどで包み、ホスホライザで溶湯底部に押し込み反応させる。フラックスは気化してガス吹込みの場合と同様の働きによって脱ガスが行なわれる。この処理は約700~750°Cで行なうのが適当で、添加量は溶湯量の約0.1%である。
- (4) 酸化防止 アルミニウム合金溶湯中の酸化物は化学的には除去できないので、溶湯の酸化はできるだけ防止する必要がある。生成した酸化物は溶湯との間のぬれ性を減少させて分離しやすくし、浮上させ除去する。このためには塩素ガスやフラックスの使用が有効である。
- (a) 酸化防止用フラックス 市販の酸化防止用フラックスは、酸化物を分離する作用と溶湯を大気ふん囲気からしゃ断してその酸化を防止する作用がある。このフラックスのおもな組成を表1に示す。各種塩化物の塩素分解率を表2に示す。

表1 酸化防止用フラックス配合剤

単位 %

用途 成分	一般用						ヒドロナリウム用				
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
NaF	34	20	10	—	—	24	—	—	—	—	—
KF	—	—	—	10	—	—	—	—	7	18	6
CaF ₂	—	—	—	—	—	15	—	—	—	—	—
Na ₂ SiF ₆	—	—	—	20	85	—	—	—	—	—	—
Na ₃ AlF ₆	—	—	—	—	—	5	11	—	—	—	—
KCl	—	80	45	30	5	20	—	33	36	28	39
LiCl	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—
NaCl	66	—	45	40	5	24	30	33	7	24	—
MgCl ₂	—	—	—	—	—	—	70	34	50	30	55

表 2 各種塩化物の塩素分解率 (800°C)

塩化物	分解率 (%)	塩化物	分解率 (%)
NaCl	24.5	MgCl ₂	41.8
ZnCl ₂	43.5	AlCl ₃	50.6
SnCl ₂	22.8	SiCl ₄	48.7
TiCl ₄	47.8	LiCl	56.7

このフラックスは地金装入前につぼ内に散布し、溶浴後は溶湯表面をこれで被覆するようにする。したがって、この使用量は溶解状態によって異なる。

- (b) ヒドロナリウム用フラックス Al-Mg 合金ではマグネシウムの酸化消耗がアルミニウムよりも著しいため、とくに溶湯を大気から断して酸化防止をするフラックス処理が必要である。ここで用いるフラックスは主として MgCl₂ を含み、マグネシウムの消耗を防ぐ。このフラックスは溶湯と反応すると液状となり、鑄込みの際に鑄型内に混入することがあるので注意を要する。

この処理は合金の酸化が著しいのでフラックスの使用量を多くし、とくに溶解中にもときどき散布する必要がある。

- (5) 改良処理 改良処理は一種の微細化処理で、3種A、4種A、4種Cおよび4種Dの鑄物中の共晶けい素を粗い針板状から細かい粒状に変化させる。ただしこれは初晶けい素の微細化には効果がない。ナトリウム以外にも改良効果をもつ元素はあるが、一般にはナトリウムおよびナトリウム塩が改良に使用される。

ナトリウムの改良効果は凝固時の急冷によって非常に促進される。したがって金型鑄造では、ナトリウム添加量を適宜減少してもよい。

ナトリウムは、水素との化合物をつくりやすく、これを添加することはアルミニウム合金溶湯中の吸収水素量を増し、また溶湯表面の酸化皮膜の性質を変え、その保護皮膜としての作用を減少するため、かえって鑄物にピンホールが生じやすい。

- (6) 微細化処理 結晶微細化のために添加されるチタンは、母合金を用いて溶解量の0.1~0.2%添加する。チタンが過剰に添加されると鉄と似た悪影響があるので注意を要する。チタン添加で溶湯中に生じた微細なチタン化合物が初晶α相の結晶核となり、鑄造組織が微細化される。

ボロンはアルミニウム-ボロン母合金で添加される。この添加はチタンと類似の効果がある。またチタンにボロンを併用すると、単独に添加した場合よりも微細化効果が著しい。この場合、アルミニウム-チタン-ボロン母合金を用いるのがよい。

3. 金型鑄造法 金型鑄造法は寸法精度、機械的性質および鑄はたのよい鑄物を得る方法であるが、その形状によってはひけやわれなどの欠陥の発生することもあるので、じゅうぶんに検討した上で適正な鑄造方案を決める必要がある。

3.1 金型鑄物の特性

- (1) 金型鑄物の寸法精度 金型鑄物の寸法精度についての規定は JIS にはないのでドイツ規格 DIN 1688 を参考として表 3 に示す。

表 3 公差指示のない寸法に対する偏差

(a) 長さ, 幅, 高さ		単位 mm									
	<50	50~80	80~120	120~180	180~250	250~315	315~400	400~500	500~630	630~800	800~1000
C ₁	+0.5 -0.4	+0.6 -0.5	+0.7 -0.6	+0.8 -0.6	+0.9 -0.7	+1.0 -0.8	+1.2 -0.9	+1.3 -1.0	+1.4 -1.1	+1.5 -1.2	+1.7 -1.3
C ₂	+0.8 -0.6	+0.9 -0.7	+1.1 -0.9	+1.3 -1.0	+1.4 -1.2	+1.6 -1.3	+1.8 -1.4	+2.0 -1.6	+2.2 -1.7	+2.4 -1.9	+2.6 -2.1

(b) 肉厚

単位 mm

	<6	6~10	10~18
C ₁	±0.4	±0.6	±0.8
C ₂	±0.6	±0.8	±1.0

注 C₁は、型および金型部分を分割しない鋳物の場合であり、C₂は、型および金型部分を分割する鋳物、または中子のはいる鋳物に相当する。

(2) 金型鋳物の経済性 良品の鋳物1トンを生産するのに要する時間を調べたところ、つぎのとおりであった。

砂型手込型 138.7 hr

機械造型 117.2 hr

金型鋳造 105.2 hr

この時間は製品により著しく異なるが、中子を金型にすることや、鋳物に孔を増加し最終歩留りをよくすることなどによって、仕上り形状にできるだけ近い鋳物をつくり、機械加工を少なくして、その経済性を数倍に向上させることができる。しかし中子のはいらぬ簡単な形状でしかも砂型製品と同一形状の金型製品を作る場合には、その生産時間に著しい差が現われないこともある。その場合でも副資材の低減、鋳込作業者の熟練度を必要としないことなどでこの方法が有利である。

(3) 金型鋳物の機械的性質 金型鋳物は砂型の場合より冷却速度が大きいために、結晶粒度が細かく、吸収ガスが固溶しやすく、その結果ピンホールの発生が少なく、鋳物の密度が大となり、強度も向上する。とくにマグネシウムとけい素を含む合金では強度の向上が大きい。

3.2 金型鋳造用合金 JIS H 5202 に参考として鋳造方法に対する各合金の適性を示す。金型鋳造に適する合金であるか否かは熱間われ、収縮われの発生傾向、流動性の良否、かすの発生傾向などによってきまる。

(1) 熱間われ これは鋳物の肉厚部と肉薄部の境界付近に発生しやすいわれであって、その合金の凝固範囲や冷却凝固時の冷却の条件が原因となる。一般に凝固完了前の固-液共存状態での強さはきわめて低い。この状態で凝固収縮ひずみが作用すると熱間われが生じる。とくに金型の場合には、熱伝導度が大きいために金型壁に近い部分と遠い部分との冷却速度の差が砂型にくらべて大きいので、熱間われ発生の傾向が強い。

図1に熱間われの発生に関する実験結果を示す。けい素6%、銅3%を含有する合金にマグネシウム、亜鉛を添加した場合に、その添加量の増加につれて熱間われは増大している。

表4に各合金の凝固範囲を示す。

図1 Al-6% Si-3% Cu合金の熱間われに及ぼす亜鉛およびマグネシウムの影響

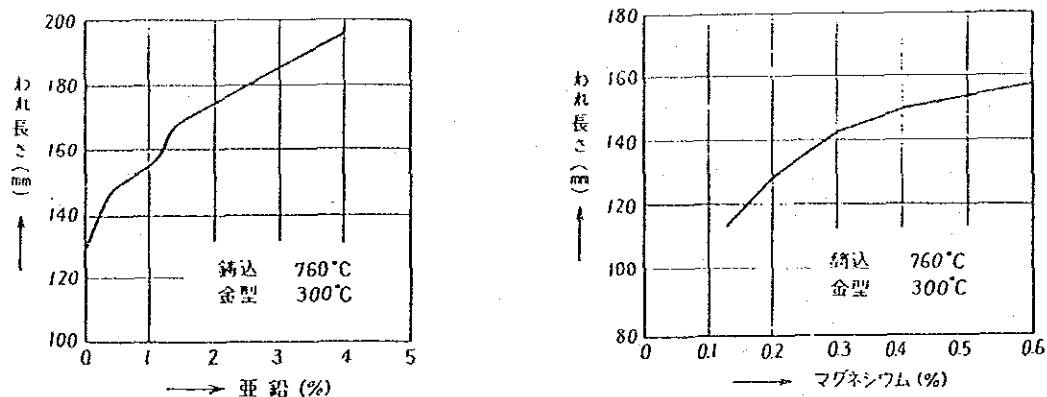


表 4 JIS アルミニウム合金の凝固範囲

JIS 記号	合金組成	凝固開始温度	凝固終了温度	凝固温度範囲
AC1 A	Al-4.5 Cu	644 °C	549 °C	97 °C
AC2 A	Al-5 Si-4 Cu	613	521	92
AC2 B	Al-6 Si-3.5 Cu	604	510	94
AC3 A	Al-12.5 Si	585	574	11
AC4 B	Al-8.5 Si-3.5 Cu	588	521	67
AC4 C	Al-7 Si-0.3 Mg	610	579	31
AC5 A	Al-4 Cu-2 Ni-1.5 Mg	629	535	94
AC7 A	Al-3.8 Mg	641	579	62

(2) 収縮われ 表 5 は 図 2 の試験片を用いて自由収縮を妨げたときの収縮量を標点間で測定し、自由収縮させたときの収縮量と比較したものである。収縮を妨げることによって収縮量が減少するが、その減少量の大きい合金ほど収縮われが発生しやすい。

図 2 収縮試験方法

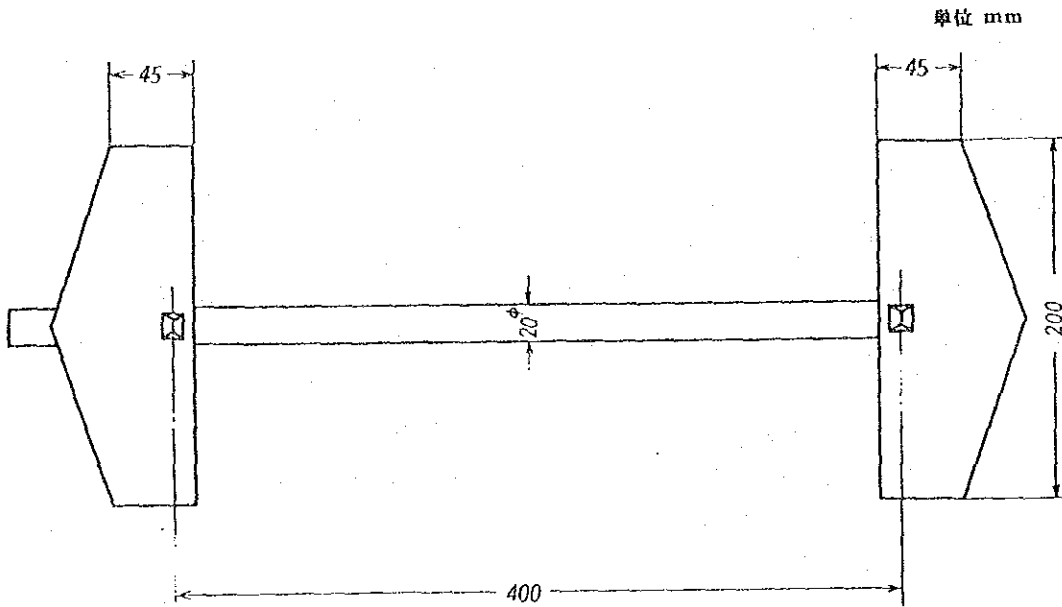


表 5 アルミニウム合金の自由収縮量と妨害収縮量

合金	線収縮量 %		減少 % 約
	自由	妨害	
5.7% Si	1.35	1.29	5
9.8% Si	1.24	1.20	4
11.9% Si	1.21	1.13	7
5.9% Cu	1.40	1.19	15
10.1% Cu	1.33	1.11	16
6.5% Mg	1.21	1.15	5
10.2% Mg	1.11	0.90	19

金型铸造では、砂型の場合よりも収縮われの危険性が大きい。

- (3) 流動性 金型鋳物の精度および湯境いは、金型の表面状態や温度だけでなく合金自体の流動性によっても大きな影響を受ける。溶湯温度が著しく高いときは溶湯中の酸化物を増加し、その溶湯の鋳込温度での流動性が悪くなる。くり返し溶解の場合も同様にして流動性は低下する。とくに金型鋳造では溶湯の保持時間が長くなるので流動性が低下しやすい。したがって大量の溶湯を別に溶解し、各金型鋳造機のかたわらに設置した保持炉に移し、酸化物を除去するためフラックス処理を行なうのがよい。

3.3 金 型

- (1) 金型の材質 金型のおも型材の一例としてつぎのような成分の鋳鉄が推奨される。

C 3.0~3.5% Si 1.8~2.3% Mn 0.8~1.0%
S 0.09%以下 P 0.12%以下

これは安価で、膨張係数が小さく、機械加工しやすい。りんといおうの量は耐熱性のためにできるだけ少ないほうがよい。一般に500~550°C×3~4時間の焼なましを行なったのちに加工する。この鋳鉄金型の寿命は約3万回である。

金型に耐熱鋼を用いることは有利である。またアルミニウムの熱伝導度のよいこと、すなわち鋳鉄の3倍弱である点を利用して最近、アルミニウム合金製金型に陽極酸化処理をほどこして用い、引張り強さの向上、均一組織、均一硬度をうることを目的とした例がある。

- (2) 金型の肉厚 金型の肉厚が薄いほど金型温度は急速に上昇し、または低下する。したがって操業条件の規制が困難になる。

金型の肉厚が厚いほど温度に対して鈍感で、温度が定常状態に達するとその維持が容易で作業条件が楽になる。しかし金型が厚いことは予熱に時間がかかり、重いために作業が不便なこと、金型の予熱がふじゅうぶんなため溶湯温度が低下し、湯境い、熱間われなどの危険が増すという不利な点もある。

金型鋳物は砂型に比較して熱間われや収縮われが発生しやすいので、鋳物の温度こう配を考えて方向性薬固を行なわせることが望ましいが、実際には不可能な場合が多い。金型の肉厚を鋳物の形状に沿って均一にし、鋳物の肉厚部の箇所では局部的に金型の肉を厚くする。また鋳込作業の際に、強制加熱や強制冷却を行なうことで、金型の肉厚を製品にかかわらず一定にしている工場もある。

- (3) 中 子 中子には金中子ばかりでなく砂中子も併用される。砂中子にはシェル型、炭酸ガス型、油砂型などがあり、とくに前2者が適当である。中子は、その寸法精度の点からできるだけ金型でしかも固定したほうがよく、固定中子の場合には鋳鉄、可動中子の場合には形鋼を用いるのがよい。金中子のほうが熱伝導や生産能率の面でも有利である。

砂中子を使用した場合は、金型と砂型の冷却効果の相違のために砂型面に収縮孔その他の欠陥が発生する傾向が強い。これを防止するには砂型に冷し金を用いるのもよいが、とくに金型温度および鋳込温度を高目に保持することによって防止するとよい。これは金型の冷却能力を砂型のそれに近づける。

砂かみは、金型内に砂粒が落ちた場合に現われる鋳物表面の欠陥である。砂型を金型に組み入れたときに一度空気で吹き、金型を合わせてから再び開き、再度エアークリーニングを行なうのがよい。

また幅木については、金型の膨張を考慮して砂型の幅木を計算しないと寸法不良、砂かみの原因となりやすい。

- (4) 押 出 し 空気抜き、中子引抜き、締めつけ、合わせピンなど、製品に許される抜けこう配が大きく、かつ形状の簡単なものには押出機構を設ける必要はなく、どちらかの半型に付着した製品をはさみで引き出せばよい。その他は押しピンを用いてダイカストと類似の機構にする。この場合、押湯や湯口をピンで押し、製品にその跡を残さぬように注意する。空気抜きは上辺に接して設けるべきであり、おも型に限らず中子にも設けるのがよい。中子引抜き機構は本文に挙げた以外に、エキセントリック方式、スピンドル方式などがあるが、できればエキセントリック方式のほうが抜けがよい。固定金中子の場合には、抜けこう配をじゅうぶ

んに大きくする必要がある。金型の締めつけは簡単な押え金具によるもの、クランプ方式、エキセントリック方式、ラックピニオン方式、スピンドル方式などがあり、大型鑄造機械ではクランプやトグル方式を採用する。合わせピンにはじゅうぶんなそう入深さをもたせることが必要である。

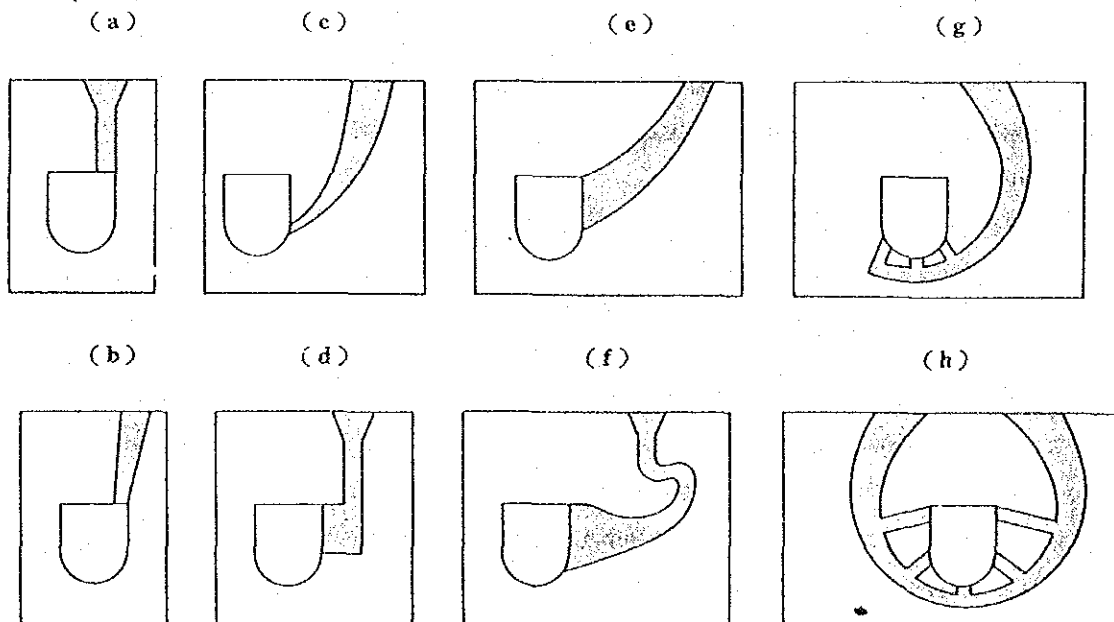
小さな鋳物は1個の金型内に数個を型どりして、その中子の引き抜き、押出しの機構を兼用することができるが、その湯口はそれぞれ別に設けるほうがよい。

金型鑄造機械はダイカストマシンに類似して縦型、横型いずれも用いられるが、横型のほうが利用度は高いようである。型の締めつけ力はダイカストほど強力にする必要もなく、したがって費用も安価である。鑄造機全体を傾斜して静かに鑄込める鑄造機もある。

3.4 湯口方案 金型鑄造は、金型が強力であるので砂型に比べて割合に大胆な方案が採用される。冷却が速いため、型内でのかすの発生やかすの巻き込みが砂型に比べて多い。したがって溶湯が静かに鑄型内にはいることが最も重要である。

金型における湯口方案の例を図3に示す。

図3 湯口方案例

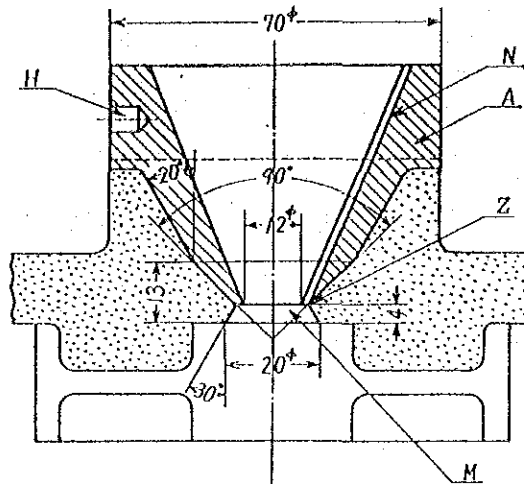


- (a) 最も簡単であるが、溶湯が騒乱しかすの発生が多くなるのでよくない。
- (b) 金型を湯口方向に傾斜することによって静かに鑄込める。
- (c) 静かな鑄込みという目的に対してはよいが、凝固の進行方向が逆になる点がよくない。
- (d) (b)と同様である。
- (e) 傾斜鑄込によって一段とよい結果を示すと思われるが、溶湯歩留りが悪い。
- (f) ピストンなどを鑄込むのに適した方案である。
- (g)(h) 広い平面の肉薄物に用い、溶湯が下方から層状に上方へ向かって凝固し、鑄はだの美しい鑄物ができる。湯口は図のように内側に向かって傾斜したほうが除滓のために効果があり、(h)の場合、両湯口からいつも等量の湯がはいるようにじょうごなどを用いるとよい。多数のせきの断面比を適当に選ぶ必要があり、これが不適当であると湯回り不良を生じやすい。また製品に著しい肉厚不同がある場合にはこの方案は不適当である。

図4に湯口方案の特徴をよく表わした例を示す。

図 4 プーリ金型の湯口の一例

単位 mm



A 部は本体上下型とは別の金型で、H 部にそう入したハンドルにより自由に取りはずしができる。押湯と湯口が兼用で、したがってその金型の肉厚も薄い。凝固完了直前に首部 Z からもぎとり、炉へ返す。N 部は、そのもぎとる際のすべり止めである。

3.5 塗型

- (1) 塗型の目的 金型の塗型は、つぎの目的のために必要である。
 - (a) 金型の急冷効果を柔らげ、製品各部の凝固速度を均一な傾向に近づける。
 - (b) 湯流れをよくする(表 6 参照)。
 - (c) 金型のきらいを防ぐ。
 - (d) 金型の消耗を防ぎ、製品を金型から取り出すことを容易にする。

表 6 アルミニウム合金のスパイラル長さ

種 類	塗型なしの場合 mm/m	塗型した場合 mm/m
純アルミニウム	400	1050
Al-5% Si-Mg	410	1170
Al-12% Si	730	1860

備 考 浴湯温度：680°C 金型温度：300°C

- (2) 一般用塗型剤の例をつぎに示す。

例：1. <table style="display: inline-table; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; vertical-align: middle;"> <tr><td style="padding: 0 5px;">カオリン</td><td style="padding: 0 5px;">50%</td></tr> <tr><td style="padding: 0 5px;">水ガラス</td><td style="padding: 0 5px;">5%</td></tr> <tr><td style="padding: 0 5px;">水</td><td style="padding: 0 5px;">45%</td></tr> </table>	カオリン	50%	水ガラス	5%	水	45%	2. <table style="display: inline-table; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; vertical-align: middle;"> <tr><td style="padding: 0 5px;">タルク</td><td style="padding: 0 5px;">15%</td></tr> <tr><td style="padding: 0 5px;">水ガラス</td><td style="padding: 0 5px;">1%</td></tr> <tr><td style="padding: 0 5px;">水</td><td style="padding: 0 5px;">84%</td></tr> </table>	タルク	15%	水ガラス	1%	水	84%	3. <table style="display: inline-table; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; vertical-align: middle;"> <tr><td style="padding: 0 5px;">りん状黒鉛</td><td style="padding: 0 5px;">100 g</td></tr> <tr><td style="padding: 0 5px;">土状黒鉛</td><td style="padding: 0 5px;">50 g</td></tr> <tr><td style="padding: 0 5px;">水ガラス</td><td style="padding: 0 5px;">50 g</td></tr> <tr><td style="padding: 0 5px;">水</td><td style="padding: 0 5px;">1000 g</td></tr> </table>	りん状黒鉛	100 g	土状黒鉛	50 g	水ガラス	50 g	水	1000 g
カオリン	50%																					
水ガラス	5%																					
水	45%																					
タルク	15%																					
水ガラス	1%																					
水	84%																					
りん状黒鉛	100 g																					
土状黒鉛	50 g																					
水ガラス	50 g																					
水	1000 g																					

- (3) 特殊な場合の塗型剤 上記のほか特殊な場合に用いる塗型剤として、つぎにあげるようなものがある。

- (a) 熱伝導のよい塗型剤

カオリン	40 g
黒鉛	60 g
ほう酸	60 g
水	1000 g

(b) 熱伝導の悪い塗型剤

}	精製白亜	120 g
	ほう酸	40 g
	水	1000 g

(c) 堅固な塗型剤

}	精製白亜	150 g
	水ガラス	50 g
	水	1000 g

(4) 塗型法 塗型の実施には技術と熟練を要し、塗型する際の金型温度、塗型方法、塗型の厚さに注意しなければならない。まず、残存している塗型をワイヤーブラシ、紙やすりなどできれいに落とし、150°C前後に加熱した金型表面に緻密にスプレーし、これを布または道具で平滑に塗布する。さらにその上に軽くスプレーすればよい。筆で塗ることは避けるほうがよい。

金型温度が高すぎると塗型がむらになり、また低すぎると塗型の金型への布着性を悪くし、そのため塗型がはげ落ちやすい。

塗型の厚さのわずかな変化でも冷却能が変わるので、製品の厚肉部には薄く、薄肉部には厚く塗型をするなどの調節が必要である。押湯効果を増すときには押湯や湯口部に5mm程度塗型することがあり、またこれによって注湯の際の衝撃緩和、かす発生の減少にもなると思われる。

塗型の厚さは、型の冷却能を常に一定に保つようにするため毎回一定でなければならない。

3.6 鑄造 塗型後、金型をじゅうぶんに予熱する。作業の初めは金型温度を目標温度より少し高めにするほうがよい。大型の金型では、一般に作業中も加熱が必要であるが、この場合、冷却速度を遅くすべき部分と速くすべき部分とを区別して加熱するのがよい。

鑄造作業条件は、試作の際に定めねばならない。その一例をつぎに示す。

例：金型温度 300°C、鑄込温度 760°C、時間 8~10 秒

中子を引抜く時間	鑄込後	1分10秒
型を開く時間	鑄込後	1分45秒
製品を押し出す時間	鑄込後	2分10秒
水冷時間	鑄込後	20秒
次の鑄込開始	前の鑄込後	3分30秒~50秒

作業はこの周期のくり返しである。可動中子の引抜きは、一般に型を開く前に行なうのがよい。この周期の決定は各金型ごとに決定する。これは鑄込のピッチが早くなると金型の温度が高くなり、そのため凝固が遅れ、周期が長くなるので、注意を要する。

塗型の厚さ、または外からの加熱によって、凝固をできるだけ均一、または方向性をもたせるようにする。これができない場合は過熱部を水や空気のスプレーによって冷やす。また、水はできるだけきれいなものを用いる。

鑄込速度を一定にするために特別な湯口や湯くみを使用する。これらは鉄板、鑄鉄、イソライトレンがなどで作る。しかし鑄込中に速度を変化させる場合もあり、たとえば一般に厚肉の鑄物は急速に鑄込み、大きな平面をもつ薄肉鑄物は高温の溶湯を長時間かけて注湯する。大きな平面をもつ薄肉鑄物において急速な鑄込みを行なうと、鑄込温度や金型温度が相当高くても内部の空気が閉じ込められて湯境いや孔を生ずる。

傾斜注入法には傾斜位置のまま凝固を完了させる方法と鑄込中に金型をもとにもどす方法とがある。前者は変則的で小さいもので押湯の重要でないものに用いる。

金型がくり返し水冷される部分は、鑄鉄製金型の場合に網状われが発生するので、このような場所には鋼材製インサートをはめ込む必要がある。このインサートは鑄物についたままとり出されることがある。この場合、インサートに水をかけると収縮して鑄物から離れる。また、これによってインサートの冷却効果も増大する。一般にインサート

は2個備え、交互に使用するのが便利である。

4. シェル型鑄造法 シェル型鑄造法は作業が容易で、均一な鑄物が得られ、生産管理上有利な方法である。この方法は原料費が高いため、あまり利用されなかったが、安価な樹脂の開発によって利用度はますます増加の傾向にある。したがってこの方法の特性を理解し、経済面を考慮して活用するのがよい。

4.1 シェル型鑄物の特性 シェル型鑄物は砂型鑄物に比して鑄はだが平滑かつ均一であり、一種の乾燥型であり、通気性がよく、薄肉鑄物に適し、鑄物の健全性および強度についても遜色がない。また寸法精度がよく、互換性があり、量産的で、鑄造工の技能をあまり必要としない。一方金型鑄物、ダイカストと比べると強度、量産性、そして寸法精度の点では劣るが、鑄造技術面からの制約が少ない点から、その使用範囲はこれらの鑄物よりも広く、とくに形状が複雑なものになるほど価値がみとめられる。

4.2 シェル型鑄造用合金 一般には、鉄、非鉄のほとんどの合金に利用されるが、アルミニウム合金では JIS H 5202 に規定されるどの合金にも使用される。しかし鑄物の用途、形状および性質によっては不適当な場合がある。

- (1) 1種Aによって円筒状、リング状およびわく状の鑄物を造る場合には、熱間われが生じやすい。この現象は他の鑄造法においても同様であるが、シェル型の場合にはとくに鑄型の強度が高く、この影響が大きいので注意を要する。
- (2) 3種Aによって箱状の鑄物を造る場合、ナトリウムによる改良処理を施すと、鑄はだ表面に多くのピンホールが生じやすく、塗装する場合にふくれが出やすい。
- (3) 5種Aで耐圧性を必要とする場合、シェル型鑄造法は不適当である。これは冷却速度が遅く、収縮巣が生じやすいためである。
- (4) 7種A、7種Bは、押湯効果が少ないので、冷却の遅いシェル型鑄物、とくに肉厚不均一な鑄物では収縮巣による欠陥を防止することは困難である。

4.3 シェル型用金型 一般に使用されるダンプ方式のシェル型用金型は、成型機に適したプレートに金属製模型を取り付けて作る。金型鑄造用金型、ダイカスト用金型と異なり、雄型であるために、製作が容易で、しかも模型を分割して加工してから組み立てることもできるので製作時間が短い。また、この金型は溶湯と接触するものではなく、けい砂などのくり返し衝撃と、離型時の摩擦による損耗以外には外部からの力がかからないし、温度は400°C付近の比較的低い温度で操業されるため、金型材料の強度が低くても寿命は長い。

- (1) 設計 金型の設計は、鑄物の形状、寸法および数量によってプレート寸法を決め、湯口案に基づいて分割面と配置の方向を考える。形状によっては成型機操作時の砂の流れ方を考慮した配置が必要とされる場合がある。配置については成型機によって規定された寸法内で無駄がなく、方案の許す範囲で一個でも多くの模型を配置するよう心掛ける。押出しピン、合わせダボをつける位置もこの際に決めておくのがよい。合わせダボは2個以上つけるのが安全であるが、輻木を利用してこれを兼ねさせる方法もある。抜きこう配は最低1°を必要とするが、とくに深い鑄物では金型と砂との摩擦面にきずがつきやすいので大きくとるほうがよい。鑄物尺を使用するに当たっては鑄造する合金の収縮率と金型材料の熱膨張を考慮して決めるのがよい。

形状が複雑なものでは、模型を加工する際に素材を加工しやすいように分割する方法や加工度を低くするために素材を鑄物で造るのが便利である。

- (2) 材料 おもに鑄鉄、軟鋼、銅合金、アルミニウム合金などが用いられる。これらの選択には金型の稼動状況、鑄物に要求される寸法精度、または鑄物の形状などを考慮する必要がある。すなわち注文数量が多くて常時稼動するものは堅固で摩耗の少ない材料を用いて寿命を長くするのがよい。注文数量は多いが、常時稼動しない場合は耐食性も必要である。また寸法精度を要求されるものには熱膨張の少ない材料が必要であり、複雑な形状のものでは強じんして加工しやすい材料が必要である。

おもな材料の基本的性質とシェル型用金型材料としての適応性を表7に示す。

表 7 シェル型用金型材料の性質と適応性

種類	JIS 記号	物理的性質			機械的性質			適応性			
		比重	熱膨張係数 $\times 10^{-6}$	熱伝導度 cal/cm/sec/ $^{\circ}$ C	抗張力 kg/mm ²	伸び %	硬度 HB	金型耐 用回数	金型使用 ひん度	寸法精度	形 状
鋳鉄	FC 23	7.25	10~11(100 $^{\circ}$ C)	0.108~0.149	23	—	180	最も多	多	よ い	簡 単
軟鋼	S 15C	7.86	12.7 (200 $^{\circ}$ C)	0.115~0.117	38	24	100	やや多	多	よ い	ごく簡単
黄銅	YBsc2	8.47	20.3 (300 $^{\circ}$ C)	0.28	18	20	75	多	少	普 通	ごく複雑
りん青銅	PBC 2	8.80	18.2 (300 $^{\circ}$ C)	0.15	20	5	70	多	少	ややよ い	やや簡単
アルミ	AC 2B	2.79	22.0 (100 $^{\circ}$ C)	0.29	15	3	65	最も少	多	普 通	複 雑
Y合金	AC 5A	2.81	22.5 (100 $^{\circ}$ C)	0.40	19	1	70	少	多	普 通	複 雑
ローX	AC 8A	2.68	19.0 (100 $^{\circ}$ C)	0.28	25	0.5	105	やや少	少	ややよ い	やや複雑

鋳鉄は安価で熱膨張および摩耗が少ないので、寸法精度を要し、数が多く常時使用する金型に用いるのがよい。しかし強度が低くもろいことと酸化腐食が著しいことから、複雑な形状をしたものや、使用ひん度の少ないものには適していない。

軟鋼は強じんして熱膨張が小さく、比較的安価であるので、寸法精度を要し、数が多く常時使用するものに適する。しかし素材の形状に制限があり、加工が比較的難かしく、また、酸化しやすいので使用ひん度の少ないものには適さない。

銅合金では66% Cu-34% Zn黄銅が最も加工性がよく、^{じん}靱性があり、そして耐食性がよいので、注文数量が多く、使用ひん度は少なくとも長期間使用され、しかも複雑な形状の金型に適する。しかしきずがつきやすいと高価なことが欠点である。りん青銅は耐摩耗性、耐食性があり、強じんではあるが、加工性が比較的悪いから複雑な形状のものには適さない。

アルミニウム合金では2種Bが加工性、^{じん}靱性がよく、複雑なものでも造れる。5種Aは耐熱性、加工性はよいが、^{じん}靱性が低い。8種Aは耐熱性、耐摩耗性、強度、そして耐食性もよく、アルミニウム合金の中では最もよい。しかし、一般にアルミニウム合金は強度が低く、熱膨張も大きく、耐摩耗性が悪くきずがつきやすい。数の多い、長期間使用するものには適さない。しかし加工性がよく、鋳物のはだがよいので、簡単に金型が作れるので、急ぐ場合に適する。

- (3) 中子 中子成型機を用いる場合には、吹込式と吹上式のいずれかによるが、前者は複雑な形状で先端の細い形の中子に用い、後者は薄肉の中空中子に用いるのがよい。中子取りの材質は金型材料と同じで、その設計は成型機に適した寸法の範囲内にできるだけ能率のよい設計にする。この方法は圧さく空気とともに砂を吹き付けるために、中子取りは空気の逃げ口を付けて砂を型の隅々まで送ることに留意して設計する必要がある。大きな中子および幅木の部分が中子より大きいものでは、主型成型機を用いるのが便利である。この場合は、中子取りの砂を入れる面がプレート表面になるように取り付ける。以上の方法の他に手作業で直接砂を流し込む方法、樹脂を加えた砂を水で練って一般の砂中子と同じ扱い方でつき固め焼成する方法などがある。

シェル中子は接着剤によって接着できるので、複雑なものでも数個に分割して作り組み立てて接着することによって容易に製作できる。また砂型鋳物、金型鋳物およびその他の鋳物の中子としても用いることができる。シェル中子は乾燥型で通気性がよく、長期間の保存が可能である。また砂の種類を変えることによって、冷却速度を変えることもできる。この中子を使用する場合、とくに樹脂の焼成が不完全であるとガスの発生が多くなり、鋳物に悪影響を与えるので注意を要する。

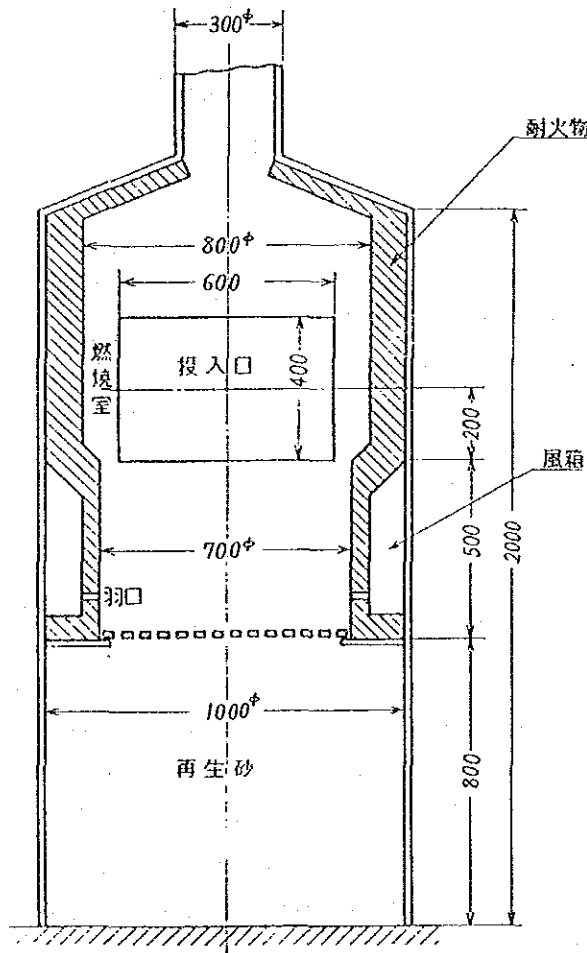
4.4 鑄造方案 シェル型鑄造における鑄造方案は、シェル型用金型の設計以前に行なう。シェル型鑄造での鑄込温度は670~760 $^{\circ}$ Cが適当であるが、砂型鋳物の場合よりいくらか低いほうがよい。湯口、湯道、せきおよび押湯などは砂型と同じ方法でつけられる。一般に平滑な鋳はだが得たいときには平鑄込み法を用い、また、大きな押湯をつけたい

ときには縦鉤込み法を用いる。たとえば薄肉の板状または箱状の鋳物には平鉤込み法を、厚肉の塊状または球状および筒状のものには縦鉤込み法を用いるのがよい。鋳型のきず、中子の継ぎ目、または成型の際に生じたばりの跡は鉤はだをきたなくする。これを防止するために塗型を行なうことがある。塗型には滑石粉をメチルアルコールで溶いて塗布し、これに点火してアルコール分を除く方法がよい。また溶湯の鋳型反応や酸化を防止するためにほう⁺化アンモニウムを砂に加える方法がある。この方法は薬品が多量に必要で経済的でないので、これを成型後のシェル型に水溶液としてスプレーする方法が用いられる。溶液は濃度40%の水溶液を作り、これをアルコールで5倍に希釈したものを⁺用いる。この処理を行なった鋳型は注湯の際にNO₂ガスを生じて溶湯と鋳型との接触を妨げて、溶湯の酸化を防ぐとともに鉤はだを平滑にする。シェル鋳型は上下型を張り合わせて一つの鋳型とするが、この合わせたあとでの押え方には注意を要する。鋳物の分割方向に生じる寸法差は、主としてこのときに生じる。この押え方には接着剤で接合するもの、工具で締めるもの、またはクリップで押える方法がある。そして鋳造時にはバックアップ材で固定するか、おもりを用いる。最もよい方法は接着剤に粘結剤と同じ樹脂を用いて成型直後に熱を利用して接合する。このような操作を経て注湯されるが、この間に鋳型の中にごみ、砂などが混入しないよう注意が必要である。とくにバックアップの際の危険が最も大きいので注意を要する。

4.5 砂の再生 シェル型に用いられる鋳型および中子は一度鋳造すると溶湯に接した部分は燃焼する。しかしアルミニウム合金では完全に燃焼することなく大部分は成型時の状態で残っている。この殻から樹脂を燃焼し、揮発させて砂だけを回収することができる。シェル用のけい砂、オリビン砂などは一般の砂型用の砂と比べて価格が高く、1回の使用で捨てることは非常に不経済である。砂の再生装置の一例を図5に示す。

図5 シェル用砂再生炉の例

単位 mm



H 9151-1966 解説

この装置は殻の投入口、燃焼室、および出砂口からなっている。燃料は点火の際にまきなどを用い、その後は樹脂自体を利用する。回収率は殻のみを用いた場合には約60~80%であるが、燃焼した砂までも固めてこの装置に入れるとほとんど100%に近い回収が可能である。回収した砂は冷却後、ふるいによって粒度を調整したのち、再び使用する。くり返し使用された砂は粒形、強度が変化するので、常に新砂と混合して用いる。

5. 鑄仕上作業 鑄物の原価は、これまで鑄造工数に重点が置かれていたが、近年量産化への傾向が著しく、従来比較的顧られなかった仕上などの後処理も原価的に重大な要素となってきた。

5.1 切 断 仕上の第一工程はせき、湯道、湯口および押湯などを切りはなすことである。これらの切断には、一般に電動帯のご盤が使用される。帯のご盤の性能は、のこ刃のピッチ、厚さおよび周速度により左右される。また、これらの諸条件は鑄物の材質硬さ、切断面積の大小により決定される。

表8は切断面積の大小により、のこ刃の条件を示したものである。材質的には7種A、7種Bなどは比較的切りやすく、5種、8種などは硬くて切りにくくのこ刃の摩耗も激しい。

周速度は切断面積の大小により調整が必要である。周速度の決定は、のこ刃の摩耗と関係が深い。一般に切断面積の大きいものは速度を遅く3000~4500 m/minとし、小さいものは速く4500~6000 m/minの範囲で調整される。

切断中は加熱、摩擦防止のためマシン油または軽油を切断口へ注油すると切れ味がよい。

使用するのこ刃の材質は、普通炭素工具鋼、ばね鋼などが用いられる。これらは切れなくなると簡単にやすり研磨ができ、何回もくり返し使用ができるので便利である。

表 8 帯のご盤の使用条件

製品条件	のこ幅	厚さ	歯数 (25.4 mm)
切断面積の小さいもの	13~25	0.5~0.8	4~8 山
切断面積の大きいもの	25~38	0.8~1.0	3~6 山

5.2 研 削 鑄物の湯口、せき、押湯などのあと、および分割面のぼり、余肉の除去には研削砥石を使用する。

研削砥石にはいろいろの種類がある。アルミニウム合金はやわらかく、ねばりがあり、砥石の目がつまりやすいので、砥石は硬くてもろいカーボランダム系が用いられる。一般には、粒度24~30 M、結合度O~Kのものがよい。

砥石を取りつける機械は定置式グラインダのものと、携帯式グラインダのものがあ、前者は砥石の直径250~750 mmのものが用いられ、後者は大型の鑄物などに用いる。

定置式グラインダに、砥石の代わりに金属製の平フライスを取付けて使用する。これによる研削は砥石に比べ数倍の高効率で、刃の寿命も永く経済的である。この使用に際しては刃先の真円度をよく出すことが必要であり、作業には熟練を要する。その一例を表9に示す。

表 9 平フライスの一例

大きさ	歯数	ねじれ	回転数	材質
217×38×25	60 枚	右刃左ねじれ	1400 rpm	SKH 4

5.3 鑄ばり仕上 鑄物の最終仕上工具としてやすり、たがねなどが最も広く用いられる。これらは切断作業および研削作業を行なったのち、仕上の残った箇所用いられる。

(1) や す り やすりには荒仕上げ用と細仕上げ用とがある。前者は歯が深くわん曲したのがよく、25.4 mmにつき10歯が適当とされている。後者は25.4 mmにつき14~20歯がよく、約45~55°の横すくい角のものが目がつまらずよい結果が得られる。やすりには仕上箇所により平形、半丸形、丸形、角形、三角形などの種類があるので、適宜に使分けるとよい。

- (2) たがね たがねは凸部の除去、厚い鉤ばりの除去などに用いる。普通はハンマーでたたいて使用するが、これをニューマチックハンマーの先端につけて行なうと効果的である。
たがねの材質は、一般にSK2, SK3などで刃先のみ焼入れを行なって用いる。また使用箇所に適した形状にして使用することが大切である。
- (3) サンダー、エンドレスグラインダー 手作業によるやすり作業を動力によって行なう方法で、前者はベークライト砥石などを携帯用グラインダーに取り付けて平面仕上を行なう方法であり、後者は布やすりを回転させて鉤ばりを研削する方法である。いずれも能率がよく、サンダーは大型鋳物に、エンドレスグラインダーは小物部品に最適である。
- (4) ロータリーカッター これは電気ドリルまたはフレキシブル研磨機に取り付けて使用するもので、ごく狭い局部の仕上に適する。形状は、球形や円すい形のものなどいろいろな種類のものがあるが、やすりやその他の仕上工具でできない特殊な仕上に用いる。

5.4 変形の矯正 鋳物は形状、鋳造方案、熱処理などにより部分的には応力が残留し変形することがあるので、仕上工程に変形の矯正が必要となる。

矯正は、一般には定盤の上で木ハンマーでたたいて行なうが、数量が多い場合にはハンドプレスまたは矯正ジグなどを利用する。

鋳物の形状により鋳放し状態で矯正が困難な場合は約300°Cに焼鈍処理を行なったのちに矯正し、熱処理品の場合は焼入直後の時効硬化前に矯正する。

6. 熱処理作業 アルミニウム合金鋳物の熱処理には、時効硬化現象を利用して、機械的強度の増加をはかるT5およびT6処理、鋳造時の内部応力や鋳物使用時の温度上昇により、寸法の変化が起こるのを防止するT21処理ならびに均一な固溶体をつくることにより強度と耐食性の改善をはかるT4処理がある。

6.1 熱処理の温度および時間

- (1) 溶体化処理 図6に示すような溶解度変化をもつ合金成分をできるだけ固溶させるためのT6およびT4処理における溶体化処理温度の一例を、図7のAl-Cu系状態図により説明する。

図6 アルミニウム合金系の溶解度曲線

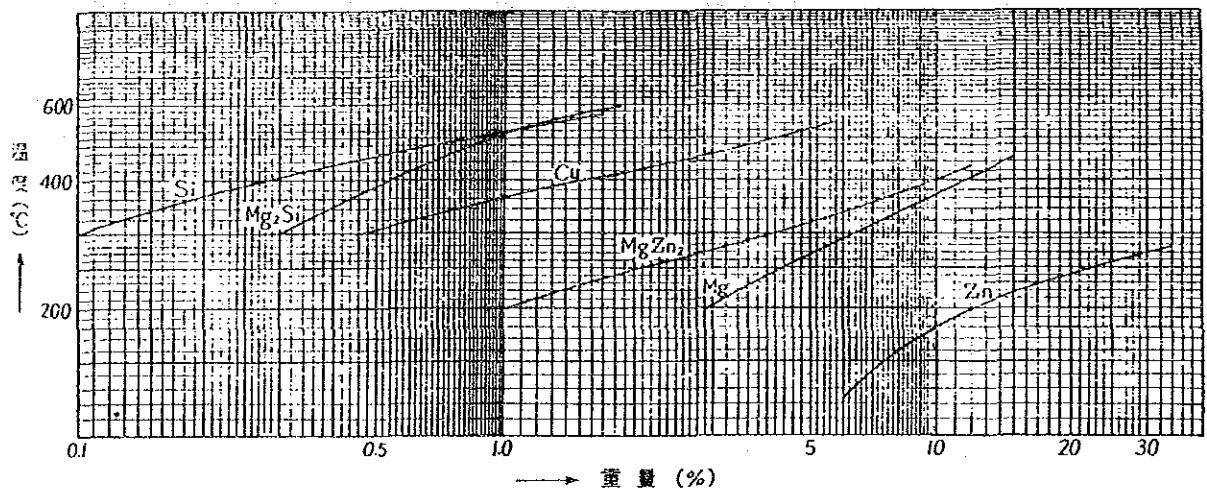
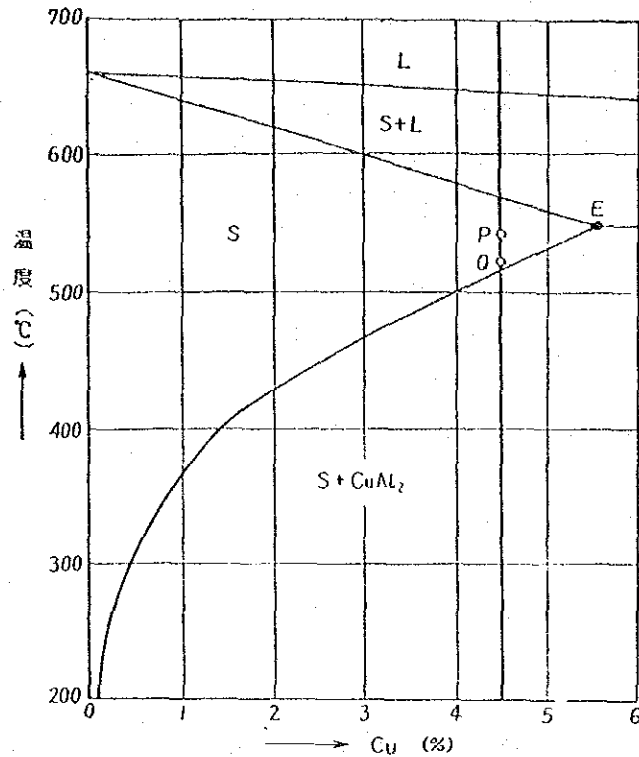


図 7 Al-Cu 系状態図



銅のアルミニウムに対する固溶度は520°Cでは4.5%であるが、室温では約0.3%である。したがって、銅4.5%を含むこの合金を熔融状態から室温までゆるやかに冷却すると約4%の銅が金属間化合物として析出し、 α 固溶体の中に散在する。冷却速度が速くなると最初に初晶 α 相が晶出し、その周囲に銅含有量の多い共晶が晶出する。

この銅原子が α 相中に拡散できるにじゅうぶんな高い温度で、しかも濃度が均一になるまでその温度に保つことが溶体化処理である。拡散速度は温度とともに増加する。しかし合金の共晶温度以上で加熱すると、共晶が溶融して、変形しやすくなる。また不純物として含まれる他の元素がAl-Cu二元共晶より融点が高い共晶を形成することがあるので、溶体化処理温度の上限は共晶温度Eより幾分低くとる。また温度が低すぎると拡散はじゅうぶんに行なわれないため、溶体化処理温度の下限は溶解度曲線より高めにとるのが普通である。したがってAl-4.5%Cu合金の適切な溶体化処理温度は図7においてP-Qで示すごく限られた範囲となる。

保持時間は鋳物の種類、肉厚などによって異なるが、拡散現象は急速に起こらないため、硬化成分を完全に固溶させるためには比較的長時間加熱したほうが安定した性質が得られる。一般に硬化成分が粗い粒子で分散している砂型鋳物よりも、凝固速度の早い金型鋳物のほうが時間を短くすることができる。

- (2) 焼もどし 硬化成分が過飽和に固溶した合金を異なる温度に加熱保持して硬化させた場合、図8に示すように温度の高いほうが析出が起りやすいため強度は急速に増加するが、その最大値はむしろ低くなる。温度が比較的低いと析出速度は緩慢であるが、最高速度が高くなり、保持時間が長くなっても容易に低下しない。また加熱温度が高すぎると散在して析出した微粒子は集合成長することによってかえって強度は減少する。このような硬化の極大点を得られる熱処理の時間と温度の関係は図9のとおりである。

図8 時間-硬さ

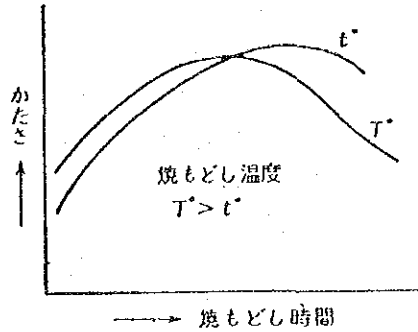
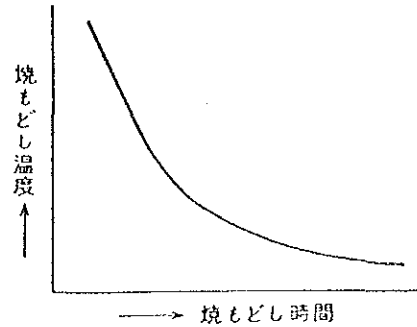


図9 時間-温度



また、硬化成分の濃度が異なる合金を同一温度で加熱保持すれば、図10に示すように、濃度の高いほうが硬さの極大点に早く達したのち軟化する。保持時間を一定にすれば、図11に示すように濃度の高い合金に対し、濃度の低い合金は高い温度で処理しないと最高の硬さは得られない。要するに、銅、マグネシウム、ニッケルなど硬化にあずかる成分を含んだアルミニウム合金鋳物を熱処理して最高の機械的性質を得るための焼もどし温度ならびに時間は、それぞれの合金について、おのずからある範囲に限定される。

さらに機械的性質のばらつきを少なくするためには、処理温度を低目とし、時間を長くするのがよい。

- (3) 各種の合金に対する適当な熱処理の温度および保持時間、前述の条件を考慮して決定された JIS H 9151 と、外国規格での類似の合金の熱処理条件の比較を表10に示す。

図10 時間-硬さ

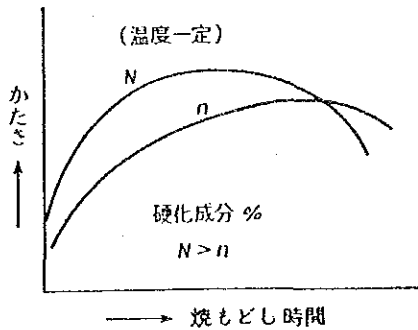


図11 時間-硬さ

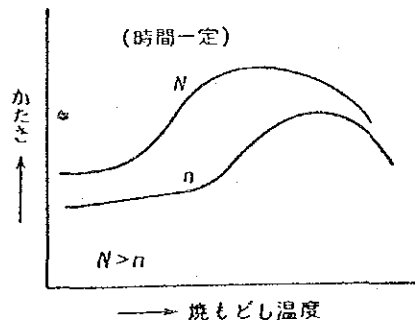


表 10 アルミニウム合金鋳物の熱処理温度および時間

JIS H 9151		外国規格								相当合金名		
種類	質別	溶体化処理		焼もどし		溶体化処理		焼もどし		砂型鋳物用	金型鋳物用	
		温度 °C	時間	温度 °C	時間	温度 °C	時間	温度 °C	時間			
AC1A	T6	515	6~12	160	6	505~521	6~24	149~160	1~6	FED 195	—	
						515 ± 3	12~16	160 ± 3	4	ALCAN 225	—	
						515 ± 5.5	12	154.5 ± 5.5	3~5	SAE 38	—	
AC2A AC2B	T6	500	6~12	160	6	493~510	6~12	149~160 157 ± 5.5	1~6	FED 319	—	
						502~510	4~12		3~5	—	FED 319	
						505 ± 5.5	6~12		SAE 326			
AC4C	T6	520	6~12	160	6	527~543	6~24	149~165	1~6	FED 356	—	
							4~12		—	FED 356		
						535 ± 3	12~16	160 ± 3	4	ALCAN 135		
						537.5 ± 5.5	8~12	154.5 ± 5.5	2~3	SAE 323		
	T5	—	—	—	225	8	—	—	221~232	6~12	FED 356	—
									225 ± 3	8	ALCAN 135	
227 ± 5.5									7~9	SAE 323		
AC4D	T6	525	—	155	—	515~532	6~24	149~160	1~6	FED 355	—	
							4~12		—	FED 355		
						527 ± 5.5	8~12	154.5 ± 5.5	3~5	SAE 322		
AC5A	T6	510	4~6	200	6	510~527	2~16	204~232	1~3	FED 142	—	
							2~12		—	FED 142		
						515 ± 5.5	6	221 ± 5.5	1~3	SAE 39	—	
								204 ± 5.5	3~5	—	SAE 39	
AC7B	T4	425	>20	—	—	427~438	12~24	—	—	FED 220	—	
						435 ± 3	20	—	—	ALCAN 350	—	
						432 ± 5.5	16	—	—	SAE 324	—	
AC8A	T6	520	3~8	170	16	505~521	4~12	149~176	14~18	—	FED A132	
						515 ± 5.5	8	171 ± 5.5	14~18	—	SAE 321	

6.2 熱処理設備 アルミニウム合金鋳物の適正な熱処理温度範囲は合金の種類によって異なるがだいたい 10~15 で°Cある。したがって種々の大きさ、形状の鋳物を装入して所定の熱処理温度範囲に加熱保持する設備は、炉内温度分布が均一で、温度計の精度が信頼できるものでなければならない。

- (1) 温度計の種類 可動コイル型指示計と熱電対を組合わせたものを指示熱電温度計、電子管増幅器および平衡電動機を用い、自動的に熱電対の発生する熱起電力を測定する電位差計回路を有する計器と熱電対を組合わせたものを電位差計型電子管式自動平衡熱電温度計と称し、それぞれの構造、動作、許容差ならびに試験方法などを定めた規格としてつぎのものがある。

温度計 JIS C 1601 指示熱電温度計

JIS C 1602 熱電対

JIS C 1607 電子管式自動平衡記録温度計

- (2) 温度計の精度維持 温度計を構成する指示計器、熱電対、補償導線にはそれぞれの階級、種別により異なる精度の許容差があるため、温度計としての組合せ許容差はおおのこの単独許容差の和となる。したがってブリスターの発生など起こらぬようにするには高温での組合せ許容差は、JISに定められた値よりも低くなければならない。そのため連続使用する熱処理炉の温度計を短期間ごとに補正する場合は、それぞれのJISに原則として定められている単独試験法を採用してさしつかえない。しかし1箇月以上使用しない設備や連続使用している設備は、その使用状態に応じて3箇月を越えない程度の一定期間ごとに試験し、誤差を確認する。

この温度計の試験方法には沸騰点試験機や凝固点試験炉を用いて適当な温度定点を測って補正する定点法や、温度分布が良好で時間的に安定な液槽または電気炉中に供試温度計の熱電対と、計量研究所などで校正試験を受け熱起電力特性が既知の標準熱電対をじゅうぶん深く接近させてそう入し、しかも熱源からの放射または熱電導による誤差を伴わないような状態で比較測定する比較試験法がある。

- (3) 炉内温度分布 JIS H 9151の8.1.1に「炉内各部の温度差は鋳物を装入した状態で所定の熱処理温度に到達したのち、±5 deg以下となるように設計する必要があり……」と記したのは、適切な熱処理温度範囲が10~15 degであるアルミニウム合金鋳物を熱処理する場合、最も精度の高い温度計を設備し、その誤差試験をじゅうぶんに行なって使用しても、なお温度計の設定温度を中心として数度の制御温度の中にあるためである。

熱処理炉の温度分布を知ることは、ある一つの炉で処理した鋳物が、その組成および健全性が同じであれば、鋳物が同一の最終的性質を持つように熱処理できる有効使用範囲を炉の中で求めることである。この測定は炉の温度を制御する温度調節計の熱電対とは別に、熱起電力が既知の数本の熱電対をそう入し、電位差計により一定時間ごとにその読みをとり、炉内各部の温度変化の幅を知るのが正確な方法である。

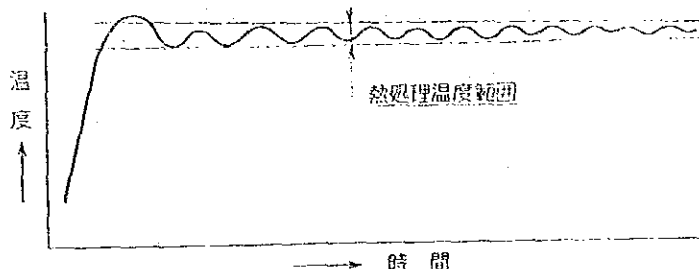
熱処理品を装入した状態での測定は、鋳物の形状、装入量、配列の方法により温度分布が異なるため非常に難しいことがある。したがってこの測定は、初めに日常の操業での最大操入量を定め、鋳物の形状を念頭に置いて配列を考え、炉内を循環する熱風の流れをできるだけ乱さないよう注意することとして、鋳物を装入しない状態で測定するのが一般的である。

6.3 熱処理作業上の要点

- (1) 温度調節計にはできるだけ精度のよいものを使用すること。
- (2) 温度調節計の故障の場合を考え、炉には別の監視用温度計を設備するか、または適当な警報装置をつけること。
- (3) 使用炉の有効使用範囲を測定により定め、日常の操業においてこれが守られるよう、炉内に適当な標示をするか、バスケットまたは台車などの大きさを定めること。

- (4) 調節計設定温度に対して炉内各部の温度の高低の変化の幅をよく知っておくこと。
- (5) 装入する個々の鋳物はもちろんのこと、ロット全体も炉内の熱風循環の流れをできるだけ乱さないように配列方法を工夫すること。
- (6) 熱電対の測温接点や絶縁状態に常に留意し、さし込み位置の変化による誤差の影響を少なくするため、熱電対の装入深さを一定にたもち、あまり径の細い熱電対を使用しないこと。
- (7) 溶体化処理時間は、熱処理ロットの中での最大肉厚の鋳物で決定し、できるだけ長くすること。溶体化処理が不じゅうぶんであれば焼もどし時間を長くしても所定の性質は得られず、しかもばらつきが大きい。
- (8) 鋳物は、所定の温度に上昇させた炉に装入するのがよい。高温に上げる溶体化処理では初めから鋳物を装入してある場合、温度が設定点に到達し、最初に調節計が回路を開いたのちも図12のように温度が引続き上昇し熱処理温度範囲を越えることがあるので、電源タップの切替などに注意する。また焼もどしの場合、所定温度に到達するまでの時間中にも析出が進行するので、装入量が変化する場合、熱処理ロット相互の比較検討がしがたい。したがって、所定の温度に上昇させた炉に鋳物を装入する方法がよい。この場合、鋳物実体が炉内空気と同一温度に加熱されるまでの時間的遅れがあるので注意を要する。

図 12 加熱時間と温度の制御例



- (9) 焼入れの時間は、できるだけ短くなるよう設備の工夫を行ない、変形やわれの恐れのある鋳物は65°C以上の温水で焼入れを行なう。鋳抜孔のない箱形鋳物の凹部を下向にして焼入れすると、空気や蒸気が貯まって局部的に焼入れ効果を落とし、また変形、われの原因ともなる。鋳物の全表面を冷却水に接触させ、熱伝導をよくするために槽の中で上下動や回転をさせ、さらに循環ポンプを設け、そうの中に水が噴出するように考えるとよい。
- (10) 鋳物の形状、大きさは種々異なるため、その処理条件は経験により、常に改善修正する必要がある。そのために熱処理品にはロット番号をつけなくとも、炉への装入から所定の温度まで上昇するに要した時間、加熱温度、保持時間、焼入れ水の温度を記録し、機械的性質と比較照合して熱処理条件を検討する必要がある。

7. 検査方法 アルミニウム合金鋳物の検査方法には非破壊検査と材料試験がある。非破壊検査には寸法、外観、水圧または空圧、けい光または染色浸透、X線またはγ線透過および超音波探傷などの検査がある。材料試験には化学または機器分析、引張試験、かたさ試験、破面、マクロおよびマイクロ組織などがある。これらは目的に応じて鋳物の全数または採取個数もしくは試験片に対して実施される。

要求される鋳物の品質仕様によって、検査法の選択はあらかじめ鋳物の製造者と使用者が協議して決定するのが望ましい。また検査項目によっては、数値として表わすことが困難な場合は限度見本などを交換するのがよい。

7.1 非破壊検査法

- (1) 寸法検査 鋳物が所要の寸法、形状を確保しているかどうか、また、ひずみやそりなどの有無を物さしまたはけがき工具などでけがいて測定するものである。鋳物の数量が多い場合は、適当なゲージまたはジグを作って用いると便利である。比較的複雑な形状の鋳物の場合は模型ができた時に鋳物を試作し、それを切断

して主要断面の寸法、形状を調べるのが普通である。

- (2) 外観検査 鋳はだのあらさ、引け、きらい、湯回り不良、湯境い、砂落ち、砂かみ、はぐみまたは食い違いおよび打こんなど鋳物の外観に現われる欠陥を肉眼で検査する。観察を容易にするため拡大鏡を使用することもある。また鋳はだ面直下のブローホールや引け巣は、テストハンマで軽くたたかまたはサンドブラストを用いると容易に検出される。

鋳はだのあらさの表示法およびあらさの範囲などは JIS B 0659 (表面あらさ標準片) に規定され、肉眼や触感により、これらと比較することによって鋳はだのあらさを検査するのが簡便である。

- (3) 水圧または空圧検査 耐水圧性や耐気圧性を要する鋳物に行なう検査である。外界に通ずる開口部へ適当なせんを施し、所要の水圧または気圧を一定時間加え、鋳物の表面につながる内部欠陥による漏れの発生の有無を検査する。水圧の場合は鋳はだ面に白墨などを塗っておけば漏れた箇所は湿るので検出しやすい。空圧の場合は鋳物を水槽に浸漬するか、または石けん水などを鋳はだに塗っておくと漏れる箇所から気泡が発生するので容易に検出できる。

- (4) 染色およびけい光浸透検査 これらはいずれも鋳物の表面につながる内部欠陥や表面の微細な欠陥を検出する方法で、染色浸透法は鋳物の表面を清浄にしたのち、発色剤を含む浸透液を浸漬、塗布または吹付けによって欠陥内部にじゅうぶん浸透させてから鋳物表面の浸透液を完全にふき取り、検出液を吹付けまたは塗布して欠陥中に残留する浸透液を発色させるものである。

けい光浸透法はけい光剤を含む浸透液を用い、同様の処理をしたのち、暗所で紫外線を照射して欠陥内部に残存する浸透液がけい光を発するようにするもので、JIS Z 2343 (けい光浸透探傷試験方法) に規定されている。

- (5) X線および γ 線透過検査 これらは鋳物の内部の肉眼で検出できない引け巣、ブローホール、酸化物の巻き込みなどをX線または γ 線を照射し鋳物に透過させて検出する方法で、JIS Z 2341 (金属材料の放射線透過試験方法) に規定されている。X線の場合は検出能力が装置の容量できまり、140 kV の装置では約 7 mm の肉厚の鋳物の内部欠陥が検出できる。 γ 線は放射性同位元素から得られ、透過力が大きく、同時に多数の鋳物の検査ができ、持運びが容易で安価である。しかし放射エネルギーの調節ができず、写真撮影の露出時間が長く、取扱いに注意を必要とする欠点がある。

この試験にはフィルムに写真を撮影する透過試験とけい光板に映して透視する方法がある。透視試験方法は透過試験方法に比較して一般に検出感度が劣るので、比較的大きな欠陥の検出や同じ種類の鋳物の数量が多い場合の検査に限るのが望ましい。なお、これらの放射線検査による欠陥の解析はかなり熟練度を要し、かつ検査員の保健衛生管理にはじゅうぶん注意する必要がある。

- (6) 超音波探傷検査 これも鋳物の内部欠陥を検出する方法で、JIS Z 2344 (金属材料の超音波探傷試験方法) に規定されている。鋳物の表面へ接触した探触子から超音波パルスを鋳物の内部へ送信し、反対側の表面からの反射パルスを受信する。その中間に欠陥があればブラウン管上に波形の乱れを生じ、これによって欠陥を検出する。この方法は小形の鋳物や複雑な形状の鋳物には使用できず、欠陥の形状や表面近くの欠陥は検出困難で、また検出にはきわめて熟練を要する。

7.2 材料試験

- (1) 化学分析および機器分析試験 鋳物の化学成分が規定範囲内にあるかどうかを調べる方法で、化学分析や分光分析などの機器分析によって行なうが、これらにはつきに規定されている方法による。

分析方法に関する JIS

JIS H 1351 (アルミニウム製品およびアルミニウム合金分析方法の通則)

JIS H 1352 (アルミニウム製品およびアルミニウム合金のけい素分析方法)

JIS H 1353 (アルミニウム製品およびアルミニウム合金の鉄分析方法)

JIS H 1354 (アルミニウム製品およびアルミニウム合金の銅分析方法)

JIS H 1355 (アルミニウム製品およびアルミニウム合金のマンガン分析方法)

JIS H 1356 (アルミニウム製品およびアルミニウム合金の亜鉛分析方法)

JIS H 1357 (アルミニウム合金のマグネシウム分析方法)

JIS H 1359 (アルミニウム合金のチタン分析方法)

JIS H 1360 (アルミニウム合金のニッケル分析方法)

試料は、これらの分析に適した形状寸法の金型によって採取することが多い。

- (2) 引張試験およびかたさ試験 鋳物を鋳造する溶湯の品質や熱処理の効果を調べるために行なう方法である。

鋳物を鋳造する際に JIS H 5202 (アルミニウム合金鋳物) に規定する金型鋳造試験片を鋳造し、そのまま (F) か、または鋳物実体とともに所定の熱処理 (T6, T5, T4, T21) を施したのち、いずれも JIS B 7702 (金属材料引張試験片) 4号試験片に機械加工して、引張強さ、伸びおよびかたさを測定する。また、鋳物実体に試験片をつけて鋳造することを要求される場合もある。しかし鋳物の本体にこのような試験片を付着させることは、付着部付近の凝固冷却の条件を変化させるかかすの巻き込みを生じやすくすることになり、鋳物本体または試験片に欠陥を発生しやすくする。したがって鋳物の本体付の試験片からえられる結果が何を意味するものかはなほ不明りょうであり、初期に意図したことと著しく相違することになる。したがって試験片は別取りのほうがよい。また本体の強度は実体試験によるべきである。

試験方法は JIS Z 2241 (金属材料引張試験方法) および JIS Z 2243 (フリネルかたさ試験方法) による。

- (3) 破面試験 鋳物を破断してその破面を肉眼で観察し、内部欠陥や粗大結晶などを検出する方法で、鋳物の健全性を簡便に検査するのに適する。
- (4) マクロおよびマイクロ組織 材料の強さ、耐圧性などに影響する組織や健全性などすべての性質を基本的に検討するのに有効な手段である。試料は鋳物実体または引張試験片から採取し、研磨したのち、適当な腐食液で研磨面を腐食し、肉眼または顕微鏡によって検査する。

3. 品質管理 鋳物の品質を均一に保持するためには、各工程で最も品質に影響する条件を把握し、これと条件を適切に管理し作業を標準化することが大切である。品質管理は鋳物の品質を安定化するだけでなく、不良成因の発見を容易にし、その早期対策から原価低減や作業改善に寄与する。

3.1 QC工程図 QC工程図は、各工程で管理する条件を計測または検査する状態を示す組織図である。この工程図は各工場の性格、組織、作業標準、試験設備などにより異なるもので、各自に適するものを作成するのがよい。アルミニウム合金鋳物の QC工程図の一例を図 13 に示す。

H 9151-1966 解説

8.2 資材管理 品質に影響のあるおもな資材には、地金、砂、粘結剤、燃料、るつぼ、フラックスなどがある。資材の管理には受入検査と保管が重要で、これには各種試験検査によって品質を確認し、変質しないようにじゅうぶん注意して保管する必要がある。資材は試験成績と消費量によって管理するのがよい。

- (1) 原材料 原材料では地金、返り材および合金くずについて外観および重量を検査し、化学分析により成分を確認する。その保管には、腐食、不純物、水分などに注意する。
- (2) 砂 砂は品種を確認し、その粒形、粒度、粘土分などを試験する。また貯蔵時に他種の砂が混入しないよう注意する。
- (3) 燃料 燃料では、受入時に品種および量を確認することとその貯蔵が重要である。とくに貯蔵中の重油は不純分(沈殿物および水分)に注意する。
- (4) その他 粘結剤、るつぼ、フラックスなども、受入時にその品質を確認し、変質しないよう保管する。

8.3 溶解作業の管理 溶解は鑄物の品質に重大な影響をもつ作業である。この作業には多くの条件が影響し、これらを一定にすることは難しい。したがって、溶解ごとに溶湯の質を確認し、また溶解条件をくわしく記録する必要がある。これは溶湯の質とあわせて不良の解析に利用する。

- (1) 配合 配合は目標成分にしたがって確実に行なう。とくに返り材の使用には成分変動に注意する。配合量は実測重量で溶解記録に記入する。
- (2) 溶解曲線 溶解炉の性能、燃焼状態、溶解ふん囲気などを把握するために温度—時間の関係から標準溶解曲線を作成し、実績を溶解記録に記入してその異常を点検する。
- (3) 溶解温度 溶解温度の過不足は品質に大きな影響を与える。したがって最高溶解温度を測定し、記録する必要がある。
- (4) 溶湯処理 溶湯処理では、方法、使用量、温度、時間について管理し、とくに脱ガス、フラックス処理ではふん囲気(気温、湿度)についても注意する。これらの記録は、溶湯の質を決める条件として重要である。
- (5) 出湯温度 鑄込温度の測定は個個については行なえないので、溶解炉から鑄型へ運ばれる間の温度降下を予め調査し、鑄込温度を溶解炉内の溶湯温度で管理するのが便利である。したがって出湯温度を記録すれば、鑄込温度を推定することができる。
- (6) 溶湯検査 溶湯は化学成分、吸収ガス、酸化物などについて管理し、合金の機械的性質、耐圧性、耐食性などを均一に保つ。化学成分は迅速分析により、また吸収ガス、酸化物は炉前でのピンホール試験および破面試験によって判定する。さらに JIS H 0321 により標準試験棒を鑄造し、材料試験を行なう。これらの試験結果は、測定値を管理図にとって統計的に管理するのがよい。

8.4 鑄造作業の管理 鑄造作業は工程が複雑で、その管理項目は非常に多い。これらの管理には条件の整理が重要で、各項目について適当な測定を行ない、これを記録して品質の維持に利用することが望ましい。

- (1) 砂の調整 合成砂を使用する場合、原料砂の粒度分布、粘土分により粘結剤を調節し、古砂の配合割合は一定に保つのがよい。水分、添加物なども一定に保つことが必要で、これらの配合量は常に砂試験結果と照合して管理する。また砂をくり返し使用する場合には、砂の温度によって鑄はだが変化するので注意を要する。砂使用量を適正に保ち、作業の円滑化を図る。
- (2) 砂試験 調整した鑄物砂はロットごとに水分、通気度、強度などを試験する。これらは目標値および管理限界を定めて管理図を作り、異常を点検する。
- (3) 模型管理 模型は使用前に変形、不足箇所のないことを確認する。作業管理を容易にするためには、湯口、湯道、せき、揚り、押湯などにも模型を用いるのがよい。模型の保存にはその乾燥に注意する。
- (4) 湯口方案 製品ごとに湯口方案を定めて管理する。鑄物の形状によって方案を分類し、記録することは品質管理上有益である。
- (5) 鑄わく 模型および湯口方案に従って鑄わくの大きさを決める。鑄わくは適正な大きさのものを使用する

ことが望ましい。そこで大きさ、数量などで分類し、保管するのがよい。この管理は工程計画を容易にする。

- (6) 造型作業 造型作業では作業者の技能によって鑄型の性質が異なる。したがって、この作業は作業標準で管理するだけではふじゅうぶんで、各作業者ごとに造型技能を把握し、個々について管理しなければならない。このためには、それぞれの鑄型について寸法、表面硬度などを検査し、標準化するのがよい。また造型条件を均一にするには機械を使用するのがよい。
- (7) 鑄型硬度 鑄型のつき固めは作業者によって異なるので、この管理には鑄型の表面硬度を測定して管理図を作り、標準化する必要がある。
- (8) 中子 中子は使用砂の種類ごとに、それぞれの作業標準を定める。中子砂の配合、粒度、強度、通気度などについてはおも型の場合と同様に管理する。
- (9) 乾燥 鑄型および中子の乾燥には温度管理(昇温、保持、降温)が重要で、これら条件を記録し、鑄型強度、外観検査によって乾燥を管理することが必要である。

8.5 鑄物不良の管理 資材、溶解、鑄造などの各工程での管理記録は、すべて鑄物の不良原因を迅速に追究するために必要である。鑄物の検査は型ばらし後、寸法、外観、内部欠陥などについて実施する。この場合、各工程ごとにおいて検査を行なうのが経済的である。発生した不良品はとりまとめて、それぞれ原因別に記録する。不良率はその日計を管理図に示し、製造条件の異常のあることを発見するのに利用する。不良率の高い場合には、その原因を解析する必要があるが、これには不良原因別に分類したパレート図を使用するのが便利である。

8.6 熱処理作業の管理 熱処理の管理は、熱処理炉およびそれに付属する設備の保全管理とそれぞれの材質に応じた条件について計測管理とを行ない、記録する。また、熱処理後の材質の管理には各ロット別に硬度、切削試験、破壊試験、顕微鏡試験を行なう。

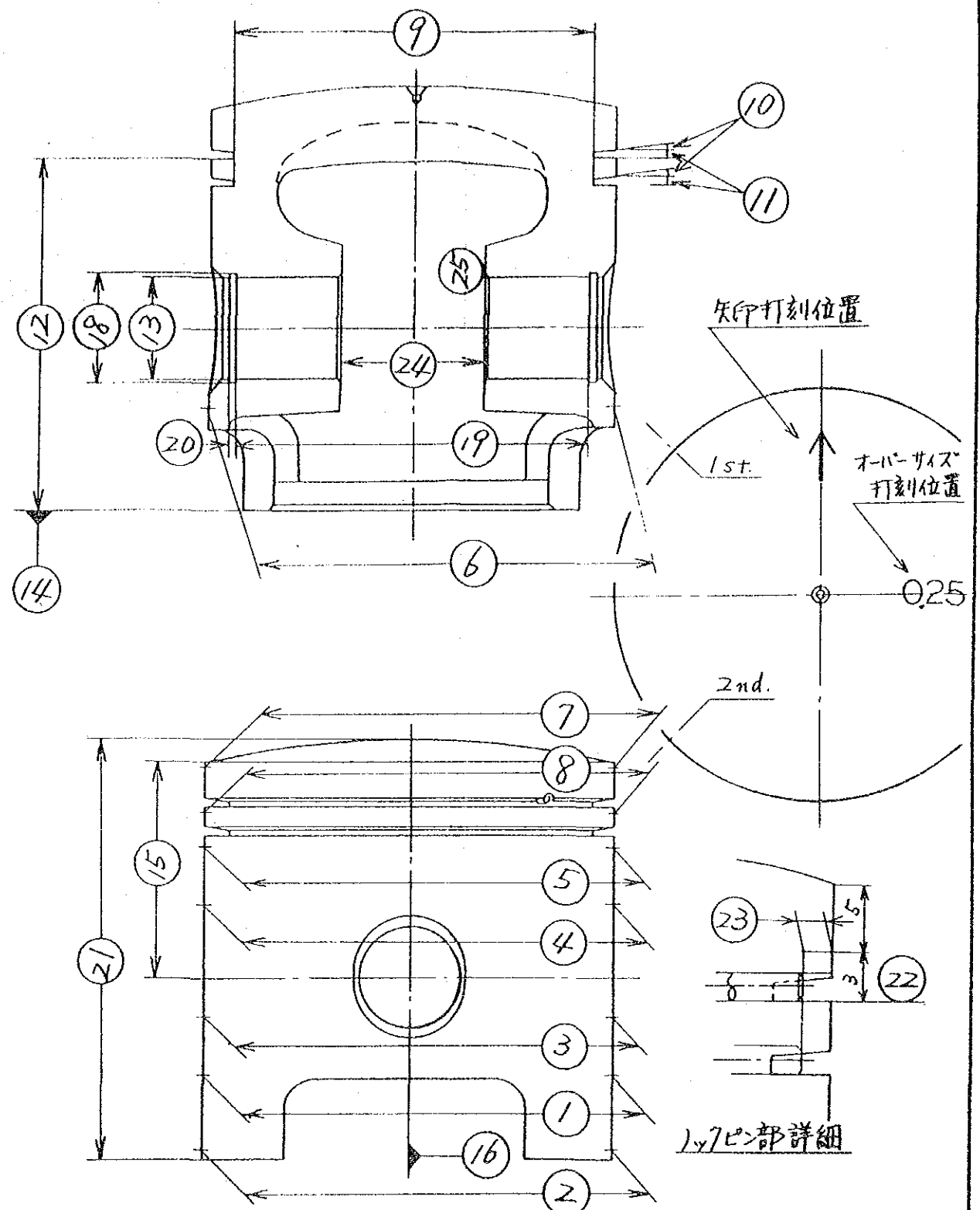
富士重工業(株)
大宮製作所 殿

検査基準表

櫻興業株式会社

型式	EC25-J	材質	S12-T6
名称	ピストン	捺印	
部(図)番	147-23403-01	作成	59年 8月 29日

分類	検査項目	規格	検査器具	欠点 度合	検査水準	備考
※①	外径スラスト方向15mm	φ72 $\begin{matrix} +0.020 \\ -0.110 \end{matrix}$	ダイヤルコンパレ	重	AQL=1.5%	JIS Z 9015に準ず
②	" 2 "	φ72 $\begin{matrix} +0.024 \\ -0.124 \end{matrix}$	↑	軽	n=5, c=0	
③	" 25 "	φ72 $\begin{matrix} +0.023 \\ -0.113 \end{matrix}$	↑	↑	↑	
④	" 45 "	φ72 $\begin{matrix} +0.157 \\ -0.187 \end{matrix}$	↑	↑	↑	
⑤	" 55 "	φ72 $\begin{matrix} +0.204 \\ -0.274 \end{matrix}$	↑	↑	↑	
⑥	楕円量 18 "	0.106 ~ 0.136	↑	重	↑	
⑦	オ1ランド径 6P "	φ72 $\begin{matrix} +0.484 \\ -0.494 \end{matrix}$	↑	軽	↑	
⑧	オ2 " 60 "	φ72 $\begin{matrix} +0.318 \\ -0.348 \end{matrix}$	↑	↑	↑	
⑨	オ1-リング溝底径	φ64 -0.2	↑	↑	↑	
⑩	キ-ストーン溝角度	7° -20'	O.P.D. 投影機	重	n=2, c=0	
⑪	" 溝中	1.59 $\begin{matrix} +0.02 \\ 0 \end{matrix}$	↑	↑	↑	
⑫	オ1リング溝位置	62 ±0.1	ダイヤルコンパレ	軽	n=5, c=0	
※⑬	ピン穴径	φ18 $\begin{matrix} +0.005 \\ -0.008 \end{matrix}$	IT-マイク	重	AQL=1.5%	
⑭	ピン穴倒れ	≦0.05/100	治具・コンパレ	↑	n=5, c=0	
⑮	コンプレッションハイト	38 ±0.1	↑	↑	↑	
⑯	ピン穴振分け	≦0.2	↑	軽	↑	
⑰	ピン穴真円・円筒度	≦0.005	IT-マイク	↑	↑	
⑱	ステップリング径	φ1P $\begin{matrix} +0.2 \\ 0 \end{matrix}$	ダイヤルコンパレ	↑	↑	
⑲	" 間隔	62 $\begin{matrix} +0.2 \\ 0 \end{matrix}$	特殊ノギス	↑	↑	
⑳	" 溝中	1.15 $\begin{matrix} +0.14 \\ 0 \end{matrix}$	↑	↑	↑	
㉑	全長	(73.92)	ダイヤルコンパレ	↑	↑	
㉒	1-7ピン圧入緊度	40kg/荷重以上	振り荷重測定器	重	AQL=1.5%	
㉓	" 深さ	1.7 $\begin{matrix} +0.3 \\ 0 \end{matrix}$	V7007-コンパレ	↑	↑	
㉔	ピンボス間隔	26 $\begin{matrix} +0.4 \\ 0 \end{matrix}$	間隔ゲージ	↑	n=5, c=0	
㉕	ピンボス平行・対称度	≦0.1	専用治具	↑	↑	
㉖	各部加工面粗さ	▽, ∇, ∇∇	目視表面粗さ計	軽	n=2, c=0	JIS B 0601に準ず
※㉗	各部面取	ca.5, ca.3以下, ca.2	目視	重	AQL=1.5%	
※㉘	有害打凹・加工	有害不可	↑	↑	↑	
※㉙	錆・巣	判定基準表-1に準ず	↑	↑	↑	必要に応じて、肉眼見本を作成する。
※㉚	汚れ・キズ	有害不可	↑	↑	↑	
※㉛	切粉付着	↑	↑	↑	↑	
㉜	材料成分	S-12 T6処理	化学分析	↑	回/月	
㉝	硬度	HRB. 63~75	ロッド硬度計	↑	n=2, c=0	
㉞	外径傾角スレ	≦±2°	ピストン形状測定機	軽	↑	



注) 1. 納入初回時は 図示項目について検査成績表を提出する。
2. 出荷検査項目は ※印 (JIS Z 9015 適用) 項目とする。

表-1

錆果の区分 最大長さ(mm)	頭部	ピン穴部	スカート部		溝・ランド部	① 外径の錆果は 不可 ② 錆果の深さは ≦1mm 付-72
	全体	片側	下端より10mm以下	下端より10mm以上	オ1~オ2	
≦0.5	0	0	3ヶ	2ヶ	2ヶ	
0.5 ~ 1.0	0	0	2ヶ	1ヶ	1ヶ	
1.0 ~ 1.5	0	0	1ヶ	0	0	

工 程			管 理 点				管 理 要 領					異 常 処 置	関 係 標 準 類 および備考			
記 号	名 称	内 容	管理項目	規 格	規 格 値	管理水準	欠陥 等級	管理責任者	初 物	自主チェック	測定具			記 録		
▽	保管	原材料倉庫	成分	S12	仕様書	仕様書に依り	重	△			網入り梅	シルシ	シルシ	返却	材料仕様書	
1	原材料払出し	原材料の配合量	配合量	作業標準			軽	△					確認		鑄造作業標準	
2	溶解	おっほ炉	溶解温度	作業標準	745~795℃	750~790℃	軽	○			処理直前	温度計	確認	温度が上り過ぎた時 はバーナー調節で降温 す。	鑄造作業標準	
3	溶湯処理	脱ガス 微細化	溶湯保持温度	作業標準	780~820℃	780~820℃	軽	○			処理直前	温度計	確認	温度調節	鑄造作業標準	
4	溶湯検査	テストピース採取判定 及び材料分析	破面テスト ピンホールテスト 材料分析	作業標準 作業標準	限度見本 限度見本	限度見本以内 限度見本以内	重 重 重	△ △ △	1本 1本	毎フェージ 毎フェージ 1回/月	テストピース テストピース 化学分析	確認 確認 分析記録	再処理 再処理		鑄造作業標準	
5	鑄込	鑄物の成型及び 鑄造品の検査	溶湯保持温度 製品の湯境(視) 鑄物寸度	作業標準	780~830℃ 限度見本	785~825℃ 限度見本以内	軽 重 重	○ ○ □			連続 全数	自動記録計 目視	テープ 確認	温度調節 不良品廃棄		鑄造作業標準
6	湯口切断	鑄物不用部分の除去	湯口切断寸度	作業標準			軽	○			作業時	限界ゲージ	確認	修正	鑄造作業標準	
7	熱処理	T6 (溶体化処理: 500℃-3H) (時効処理: 190℃-8H) 調質炉	温度 時間 硬度	材料仕様書 材料仕様書 検査規格	500℃±15℃ 190℃±10℃ 3H 8H	500℃±15℃ 190℃±10℃ +30 -0 min	重 重 重	□ □ □			連続 連続 毎ロット	自動記録計 自動記録計 硬度計	テープ テープ 記録	不良品廃棄 不良品廃棄 全数選別		鑄造作業標準 鑄造作業標準 検査規格

<h1>Q C 工 程 表</h1>				図 番	142-23403-01		社内呼称	EC25-JA	記事	(注) 1 工程記号は JIS Z. 8206 による。 2 初物とは次の場合をいり。 ① 作業開始時 ② 作業者交替時 ③ 段取替時 ④ 作業標準、工程、治工具等 の変更時								
				型 式														
作 成	承 認			担当者	責任者	製造責任者	品質責任者	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">分 担 記 号</td> </tr> <tr> <td>作業者</td> <td>検査員</td> <td>スプ</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td>□</td> <td>△</td> </tr> </table>		分 担 記 号			作業者	検査員	スプ	○	□	△
分 担 記 号																		
作業者	検査員	スプ																
○	□	△																
56 年 1 月 14 日	66 年 1 月 16 日	56 年 1 月 14 日	57 年 1 月 11 日	年 月 日	番 号	改 訂 理 由	年 月 日	番 号	点 検									
配布先									整理番号 QCP-FJ-02-									

工 程			管 理 点				管 理 要 領						異常処置	関係標準類 および備考
記号	名称	内 容	管理項目	規格	規格値	管理水準	欠点 階級	管理責任者	初物	自主チェック	測定具	記 録		
8	頭部荒加工 外径荒加工		外径荒	工作図	φ72.9	φ72.9 ±0.1	軽	○	2	2/8H	ノギス	確認	区間内全数選別 不良品廃棄	作業標準
			切欠肩部の高さ	↓	φ52.2	φ52.2 ±0.1	↓	○	2	切替時	1147-2	↓		
			頭部尺高さ	↓	5	5 ±0.1	↓	○	2	切替時	1147-2	↓		
9	インロー加工		インロー径	工作図	φ66	φ66 -0.25	重	○△	2	2/8H	インローゲージ	確認	区間内全数選別 不良品廃棄	作業標準
			インロー深さ	↓	5	5 ±0.5	軽	○	2	2/8H	ノギス	↓		
			全長(筒状)	↓	71	71 ±0.1	↓	○	2	2/8H	ノギス	↓		
			インロー面取	検査規格	0.5	0.4~0.6	↓	○	2	2/8H	ノギス	↓		
			スカート端面面取	工作図	0.6	0.5~0.7	↓	○	2	2/8H	ノギス	↓		
10	外径中仕上		外径中仕上	工作図	φ72.25	φ72.25 ±0.1	軽	○	2	2/4H	コハルヤ	確認	区間内全数選別 不良品廃棄	作業標準
11	1.7ピンの穴明け		1.7ピンの穴角度	工作図	45° ±2°	45° ±2°	重	○	2	切替時	専用治具	確認	区間内全数選別 不良品廃棄	作業標準
			ドリル径	↓	φ1.78		↓	○	2	切替時	φ1.70+P	↓		

QC工程表

図番 142-23403-01
社内呼称 EC25-JA

記号

分担記号		
作業者	検査員	スタッフ
○	□	△

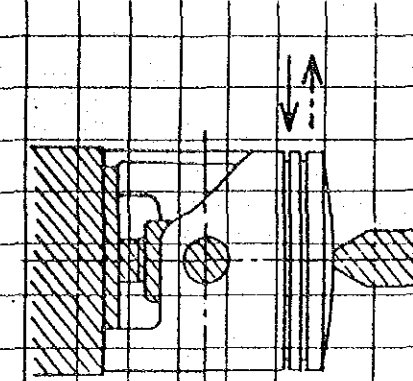
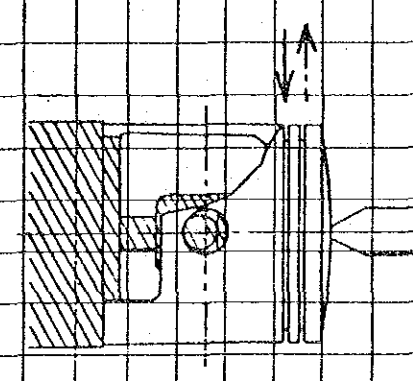
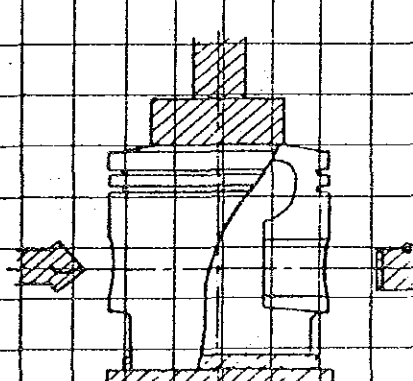
- (注) 1. 工程記号は JISZ. 8206 による。
2. 初物とは次の場合をいう。
① 作業開始時
② 作業者交替時
③ 段取替時
④ 作業標準、工程、治具等の変更時

作成	承認
担当 責任者	製造責任者 品証責任者
56年1月14日	56年1月16日

符号 改訂理由 年月日 担当 点検

配布先

整理番号 QCP-FJ-02-21

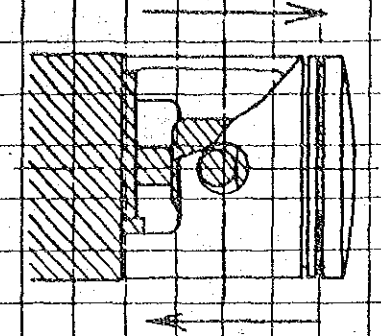
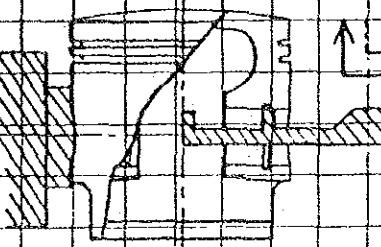
工 程		管 理 点				管 理 要 領						異 常 処 置	関係標準類 および備考		
記 号	名 称	内 容		管理項目	規格	規格値	管理水準	欠点 階級	管理責任者	初 物	自主チェック	測定具	配 録		
⑫	リング溝荒加工		オリング溝直径	工作図	φ64.2	φ64.2 ±0.1	軽	○	2	2T/2H	コンパレター	確認	区間内全数選別	作業標準 不良品廃棄	
			オリング溝角度	↓	7° -20'	7° -20'	↓	○	2	切替時	投影器	↓			
			オリング溝中	↓	1.2	1.2 ±0.1	↓	○	2	切替時	ノギス	↓			
			オリング溝位置	↓	62.2	62.2 ±0.1	↓	○	2	切替時	ハイトジ	↓			
			オリング溝位置	↓	57.2	57.2 ±0.1	↓	○	2	切替時	ハイトジ	↓			
⑬	リング溝仕上		オリング溝直径	検査規格	φ64 ±0.2	φ64 ±0.2	軽	○	2	2T/2H	コンパレター	確認	区間内全数選別	作業標準 不良品廃棄	
			オリング溝角度	↓	7° -20'	7° -20'	重	○ □	2	2/2500T	投影器	↓			
			オリング溝中	↓	1.5P ±0.2	1.5P ±0.2	↓	○ □	2	2/2500T	投影器	↓			
			リング溝面取	工作図	0.6以下	0.4~0.6	↓	○	2	2/8H	ノギス	↓			
			オリング溝位置	検査規格	62 ±0.1	62 ±0.1	軽	○	2	2/8H	コンパレター	↓			
			オリング溝位置	工作図	57 ±0.1	57 ±0.1	↓	○	2	2/8H	コンパレター	↓			
			リング溝側面粗さ	検査規格	▽▽	≤6.5	↓	○ □	2	2/8H	顕微鏡	↓			
⑭	ピン穴仕上		ピン穴径	検査規格	φ18 ±0.005 -0.008	φ18 ±0.005 -0.008	重	○	2	2T/2H	IP2170	確認	区間内全数選別	作業標準 不良品廃棄	
			ピン穴倒れ	↓	≤0.05/100	≤0.05/100	↓	○	2	2/2H	フタビ コンパレター	↓			
			スカートハイト	工作図	32 ±0.1	32 ±0.1	↓	○	2	2/2H	フタビ コンパレター	↓			
			ピン穴振分け	検査規格	≤0.2	≤0.2	軽	○	2	2/4H	フタビ コンパレター	↓			
			ピン穴真円円筒度	↓	≤0.005	≤0.005	↓	○	2	2/2H	IP2170	↓			
			ピン穴粗さ	↓	▽▽	≤6.5	↓	○ □	2	2/8H	顕微鏡	↓			

Q C 工 程 表				図 番	142-23403-01		社内呼称	EC25-JA		記事	(注) 1 工程記号は JISZ. 8206 による。 2 初物とは次の場合をいう。 ① 作業開始時 ② 作業者交替時 ③ 段取替時 ④ 作業標準、工程、治具等の変更時
				型 式					分 担 記 号		
作 成	承 認			作業看		検査員		29~7			
担 当	責 任 者	製造責任者	品証責任者								
56年1月14日	56年1月16日	56年1月16日	56年1月17日	符号	改 訂	理 由	年 月 日	担 当	点 検	配布先	整理番号 QCP-FJ-02-51

工 程			管 理 要 領				異常処置	関係標準類 および備考						
記号	名称	内 容	管理項目	規格	規格値	管理水準			欠点 階級	管理責任者	初物	自主チェック	測定具	記 録
15	1.7ピン入 1.7ピン圧入		1.7ピン圧入緊度	検査規格	40kg/荷重以上	40kg/荷重以上	重	○	2	27/4H	検有検査器	確認	区間内全数選別 不良品廃棄	作業標準
			1.7ピン深さ	工作図	1.7ピン底径 1.8~2.1φ	1.7ピン底径 2.0~2.15	↓	○	2	2/H	V-コンパウ	↓		
			1.7ピン位置	↓	0~0.3	0~0.3	軽	○	2	2/2H	ステータ	↓		
			1.7ピン径	↓	φ1.8		↓	○	2	切替時	メジャー	↓		
16	スタンプ加工		スタンプ径	検査規格	φ1φ ±0.2	φ1φ ±0.2	重	○	2	27/2H	検有検査器	確認	区間内全数選別 不良品廃棄	作業標準
			スタンプ間隔	↓	62 ±0.2	62 ±0.2	軽	○	2	2/2H	間隔ゲージ	↓		
			スタンプ溝中	↓	1.15 ±0.1	1.15 ±0.1	↓	○	2	切替時	メジャー	↓		
17	頭部仕上		全長	検査規格	(73.12)	73.12 ±0.1	軽	○	2	27/2H	コンパウ	確認	区間内全数選別 不良品廃棄	作業標準
			ヘッド部分 の17mm以上部	工作図	70 ±0.1	70 ±0.1	↓	○	2	2/2H	コンパウ	↓		
			コンプレッションハット	検査規格	38 ±0.1	38 ±0.1	重	○	2	2/4H	72mm コンパウ	↓		
			頭部面取	↓	0.3	0.2~0.4	↓	○	2	2/8H	1マス	↓		
			△Fr7-STD T1刻	工作図			↓	○			目視	↓		

QC工程表

図 番 142-23403-01				社内呼称 EC25-JA		記事			(注) 1. 工程記号はJISZ.8206による。 2. 初物とは次の場合をいう。 ① 作業開始時 ② 作業者交替時 ③ 段取替時 ④ 作業標準・工程・治工具等の変更時								
型式						分担記号											
作 成		承 認				<table border="1"> <tr> <th>作業者</th> <th>検査員</th> <th>スタート</th> </tr> <tr> <td>○</td> <td>□</td> <td>△</td> </tr> </table>			作業者	検査員	スタート	○	□	△			
作業者	検査員	スタート															
○	□	△															
担 当	責 任 者	製造責任者	品証責任者														
56年1月4日	56年1月6日	56年1月6日	56年1月7日	符号 改 訂 理 由		配布先			整理番号 QCP-FJ-22-7								

工 程			管 理 点				管 理 要 領						異常処置	関係標準類 および備考
記号	名称	内 容	管理項目	規格	規格値	管理水準	欠点 階級	管理責任者	初物	自主チェック	測定具	記 録		
18	外径仕上		外径ワスライ15mm長	検査規格	φ72 -0.050 -0.080	φ72 -0.050 -0.080	重	○ △	2	全数	コンパレ	確認	区間内全数選別 不良品廃棄 作業標準	
			外径下端φ2mm長	↓	φ72 -0.058 -0.088	φ72 -0.058 -0.088	軽	○ △	2	2/2H	コンパレ	↓		
			外径下端φ25mm長	↓	φ72 -0.056 -0.085	φ72 -0.055 -0.085	↓	○	2	2/4H	コンパレ	↓		
			外径下端φ45mm長	↓	φ72 -0.163 -0.193	φ72 -0.163 -0.193	↓	○	2	2/4H	コンパレ	↓		
			外径下端φ55mm長	↓	φ72 -0.249 -0.279	φ72 -0.249 -0.279	↓	○	2	2/2H	コンパレ	↓		
			筒内量 22mm長	↓	0.213 ±0.015	0.213 ±0.015	重	○ △	2	2/H	コンパレ	↓		
			φ17外径69mm長	↓	φ72 -0.435 -0.465	φ72 -0.435 -0.465	軽	○ △	2	2/2H	コンパレ	↓		
			φ27外径60mm長	↓	φ72 -0.305 -0.335	φ72 -0.305 -0.335	↓	○	2	2/4H	コンパレ	↓		
			外径傾長スレ	↓	±4°	±2°	↓	○ △	2	切替時	形状測定機	↓		
			外径粗さ	↓	▽▽	≦6δ	↓	○ △	2	2/8H	目視	粗さ計		
19	ホス間加工		ホス間隔	検査規格	26 +0.4 0	26 +0.4 0	重	○	2	全数	間隔ゲージ	確認	区間内全数選別 不良品廃棄 作業標準	
			ホス間平行度	↓	≦0.1/27	≦0.1/27	↓	○	2	切替時	専用右具	↓		
			ホス間対称度	↓	≦0.1	≦0.1	↓	○	2	切替時	専用右具	↓		
20	手仕上	1) ホス面一切部カエリ及び内部バリ取り 2) バニッシング 3) 洗浄	糸面取	作業標準	0.1	0.1~0.2	重	○ △	2	2/8H	目視	確認	区間内全数選別 不良品廃棄 作業標準	
			バニッシング具合	↓		ロー回転処理	↓	○ △	2	2/8H	↓	↓		
			切粉付着	↓		全数除去	↓	○ △			↓	↓		
	入換	不良品 △検査課渡し												
21	外観	錆漏 偏肉カエリ割れ キズ 切粉付着 etc.	検査規格				重	□			目視	確認	全数選別 不良品廃棄	検査規格

QC工程表				図番	142-23403-01	社内呼称	EC25-JA	記事	(注) 1. 工程記号はJISZ.8206による。 2. 初物とは次の場合をいう。 ① 作業開始時 ② 作業者交替時 ③ 段取替時 ④ 作業標準、工程、治工具等の変更時
				型式					
作成承認		承認		△		△		分担記号	
担当	責任者	製造責任者	品証責任者	△		△		作業者	検査員
				△		△		○	□
				△		△		△	
				△		△		△	
56年1月4日		56年1月6日		56年1月10日		56年1月10日		56年1月10日	
符号		改訂理由		年月日		担当		点検	
								配布先	
								整理番号 QCP-FJ-22-5	

工 程			管 理 点				管 理 要 領					異 常 処 置	関係標準類 および備考	
記号	名 称	内 容	管理項目	規 格	規 格 値	管理水準	欠点 階級	管理責任者	初 物	自主チェック	測定具			記 録
◇22	最終検査	出荷検査	△作業指導書 検査作業手順 K52	検査規格		AQL=1.5%	重			ロト毎			ロト77の場合 全数選別	検査規格
○23	箱詰	725(85×P)入ケースに箱詰め	異品混入	作業標準			重							作業標準
▽	入庫	営業本部渡し												

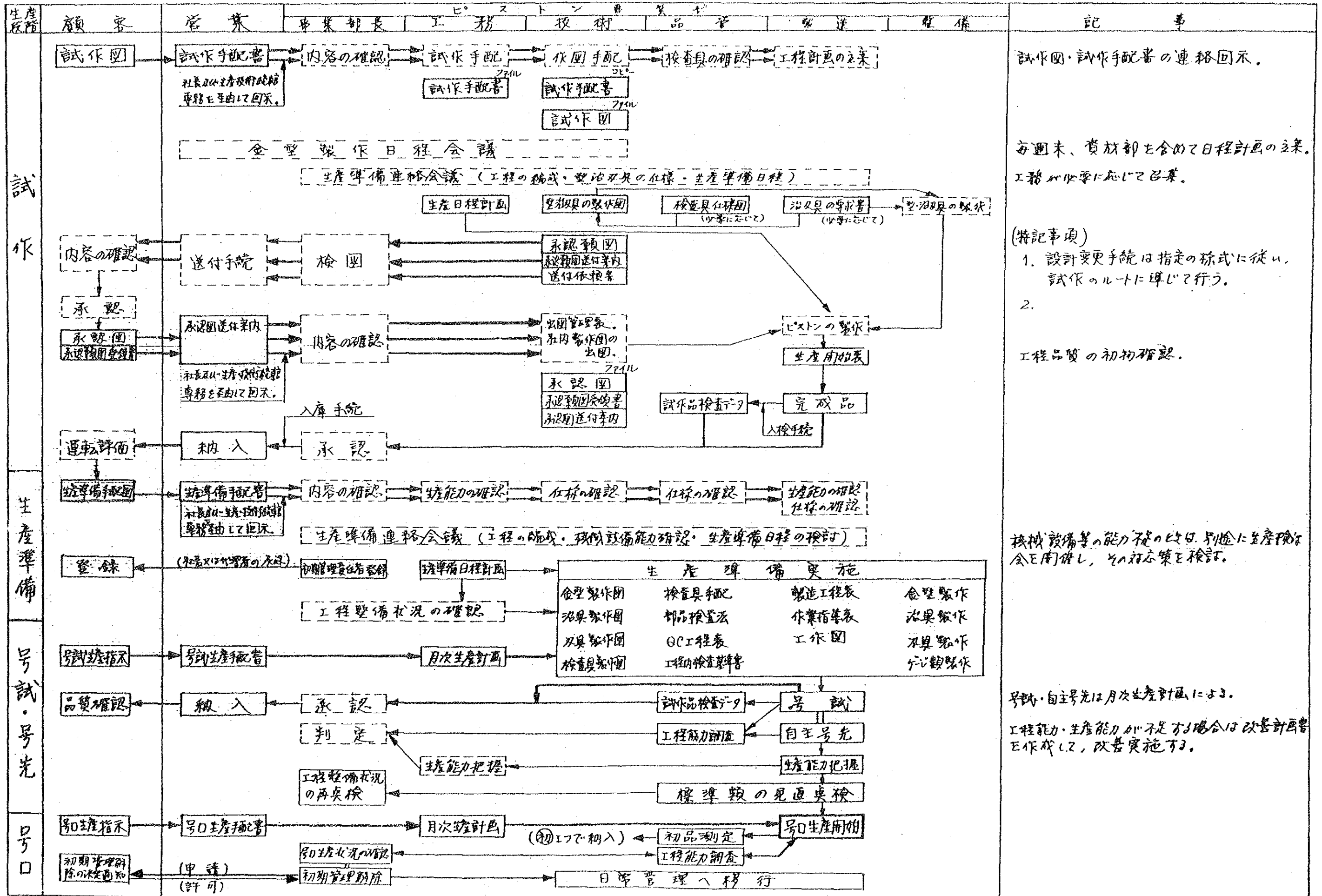
Q C 工 程 表				図 番	142-23403-01		社内 呼称	EC25-JA		記事	分担記号 作業者 検査員 スタッフ ○ □ △	(注) 1 工程記号はJISZ.8206 Kによる。 2 初物とは次の場合をいう。 ① 作業開始時 ② 作業者交替時 ③ 段取替時 ④ 作業標準、工程、治工具等 の変更時
				型式								
作 成	承 認			△								
担 当	責 任 者	製造責任者	品証責任者	△								
				△								
				△	検査作業手順書作成→作業指導書		56-2-23					
56年1月14日	56年1月14日	56年1月16日	56年1月16日	符号	改 訂	理 由	年月日	担当	点検	配布先	整理番号 QCP-F-02-21	

ピストン 品質保証体系図

改訂 昭和60年4月30日
制定 昭和53年11月17日

櫻興業株式会社

(承認) 57本 (承認) 60-4-30 (承認) 60-4-23 (承認)



試作図・試作手配書の連絡回示。
毎週末、資材部を含めて日程計画の立案。
工務が必要に応じて召集。
(特記事項)
1. 設計変更手続は指定の様式に従い、
試作のルートに準じて行う。
2.
工程品質の初物確認。

機械設備等の能力不足の改訂、別途に生産準備会議を開催し、その対応策を検討。

号試・自主号先は月次生産計画による。
工程能力・生産能力が不足する場合は改善計画書を作成して、改善実施する。

G 4404

㊦ 合金工具鋼鋼材

1956—制定

1983—改正

〔編注〕 本規格の1983年改正の基本的な考えは JIS G 4401 (炭素工具鋼鋼材) の〔編注〕に記載のものと同じである。

今回 (1983年) の改正の主要な点は次のとおりである。

1. 従来工具鋼は種類と記号を別に設け、それぞれ名称が付されていたが、今回は種類が削除され、種類の記号に統一された。
2. 生産実績、市場の将来性等を考え、生産実績のほとんどないSKS1, SKS42, SKD2, SKT2, SKT5およびSKT6が廃止され、高性能熱間金型として需要が伸びているSKD7およびSKD8が新しく追加された。
3. 製造法の中で鋼材はキルド鋼塊から製造するとなっていたが、キルド鋼から製造すると変更された。
4. 追加鋼種SKD7, SKD8の化学成分は各メーカーの実績, ISO, AISI等をもとに検討された。
5. 熱間圧延鋼板及び鋼帯の焼なまし硬さは備考として“注文者と製造業者との協定による”と追加された。
6. 追加鋼種SKD7およびSKD8の焼入焼戻し硬さは各メーカーの実績等をもとに検討して制定され, SKD11の焼入焼戻し硬さは改正された。
7. 熱間圧延丸鋼の標準径として需要と生産実績のあるものが追加された。追加分の寸法許容差と脱炭層深さの許容限度はJIS G 4401が適用された。
8. 硬さ試験における焼入焼戻し硬さ試験片の供試材のとり方はISOに準拠して“一溶鋼ごとに1個とする”に改正された。
9. 鋼材の表示として溶鋼番号のほかに製造番号でもよいことになった。小さい鋼材については結束して表示することが決められた。また, 鋼板および鋼帯についても同様に決められた。

① 適用範囲 この規格は、熱間圧延又は鍛造によって作られた合金工具鋼鋼材（以下、鋼材という。）について規定する。

② 種類及び記号 鋼材は28種類とし、その記号は表1のとおりとする。

表1 種類の記号

種類の記号	摘要
SKS 11	主として切削工具用
SKS 2	
SKS 21	
SKS 5	
SKS 51	
SKS 7	
SKS 8	
SKS 4	主として耐衝撃工具用
SKS 41	
SKS 43	
SKS 44	
SKS 3	主として冷間金型用
SKS 31	
SKS 93	
SKS 94	
SKS 95	
SKD 1	
SKD 11	
SKD 12	
SKD 4	主として熱間金型用
SKD 5	
SKD 6	
SKD 61	
SKD 62	
SKD 7	
SKD 8	
SKT 3	
SKT 4	

③ 製造方法

3.1 鋼材は、キルド鋼から製造する。

3.2 鋼材は、特に指定のない限り、鍛錬成形比4S以上に圧延又は鍛造しなければ

ばならない。ただし、鋼材寸法の関係から4S未滿となる場合には、すえ込み鍛錬により補うことができる。

3.3 鋼材は、特に指定のない限り焼なましを施すものとする。

● 化学成分 鋼材の化学成分は、とりべ分析により、その値は表2～5のとおりとする

表2 化学成分 (切削工具用)

種類 の 記号	化学成分 %									参考用途例
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	V	
SKS 11	1.20 1.30	0.35 以下	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	0.20 0.50	3.00 4.00	0.10 0.30	バイト・冷間引抜ダイス・ セントドリル
SKS 2	1.00 1.10	0.35 以下	0.80 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	0.50 1.00	1.00 1.50	(1)	タップ・ドリル・カッタ・ プレス型・ ねじ切りダイス
SKS 21	1.00 1.10	0.35 以下	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	0.20 0.50	0.50 1.00	0.10 0.25	ねじ切りダイス
SKS 5	0.75 0.85	0.35 以下	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	0.70 1.30	0.20 0.50	—	—	丸のこ・鋸のこ
SKS 51	0.75 0.85	0.35 以下	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	1.30 2.00	0.20 0.50	—	—	
SKS 7	1.10 1.20	0.35 以下	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	0.20 0.50	2.00 2.50	(1)	ハクソー
SKS 8	1.30 1.50	0.35 以下	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	0.20 0.50	—	—	刃やすり・組やすり

注 (1) SKS 2 及び SKS 7 は、V0.20% 以下を添加することができる。

備考 各種とも不純物としてNi0.25% (SKS 5 及びSKS51を除く。), Cu0.25% を超えてはならない。

表3 化学成分 (耐衝撃工具用)

種類 の 記号	化学成分 %								参考用途例
	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V	
SKS 4	0.45 0.55	0.35 以下	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	0.50 1.00	0.50 1.00	—	たがね・ボンチ・シヤード
SKS 41	0.35 0.45	0.35 以下	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	1.00 1.50	2.50 3.50	—	
SKS 43	1.00 1.10	0.25 以下	0.30 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	—	0.10 0.25	さく岩機用ピストン・ヘッドイン グダイス
SKS 44	0.80 0.90	0.25 以下	0.30 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	—	0.10 0.25	たがね・ヘッドイングダイス

備考 1. 各種とも不純物としてNi0.25%, Cu0.25% を超えてはならない。

2. SKS43及びSKS44は、不純物としてCr0.20% を超えてはならない。

表4 化学成分 (冷間金型用)

種類の 記号	化学成分 %									参考用途例
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	V	
SKS 3	0.90 1.00	0.35 以下	0.90 1.20	0.030 以下	0.030 以下	0.50 1.00	—	0.50 1.00	—	ゲージ・シャープ・プレス型・ねじ切ダイス
SKS 31	0.95 1.05	0.35 以下	0.90 1.20	0.030 以下	0.030 以下	0.80 1.20	—	1.00 1.50	—	ゲージ・プレス型・ねじ切ダイス
SKS 93	1.00 1.10	0.50 以下	0.80 1.10	0.030 以下	0.030 以下	0.20 0.60	—	—	—	
SKS 94	0.90 1.00	0.50 以下	0.80 1.10	0.030 以下	0.030 以下	0.20 0.60	—	—	—	シャープ・ゲージ・プレス型
SKS 95	0.80 0.90	0.50 以下	0.80 1.10	0.030 以下	0.030 以下	0.20 0.60	—	—	—	
SKD 1	1.80 2.40	0.40 以下	0.60 以下	0.030 以下	0.030 以下	12.00 15.00	—	—	(²)	線引ダイス・プレス型・れんが型・粉末成形型
SKD 11	1.40 1.60	0.40 以下	0.60 以下	0.030 以下	0.030 以下	11.00 13.00	0.80 1.20	—	0.20 0.50	ゲージ・ねじ転造ダイス・金属刃物・ホーミングロール・プレス型
SKD 12	0.95 1.05	0.40 以下	0.60 0.90	0.030 以下	0.030 以下	4.50 5.50	0.80 1.20	—	0.20 0.50	

注 (²) SKD1は、V0.30%以下を添加することができる。

- 備考 1. 各種とも不純物としてCu0.25%を超えてはならない。
2. SKS3, SKS31, SKS93, SKS94及びSKS95は、不純物としてNi0.25%を超えてはならない。
3. SKD1, SKD11及びSKD12は、Ni0.50%以下含有しても差し支えない。

表5 化学成分 (熱間金型用)

種類の 記号	化学成分 %											参考用途例
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Co	
SKD 4	0.25 0.35	0.40 以下	0.60 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	2.00 3.00	—	5.00 6.00	0.30 0.50	—	
SKD 5	0.25 0.35	0.40 以下	0.60 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	2.00 3.00	—	9.00 10.00	0.30 0.50	—	プレス型・ダイカスト型・押出工具・シャープブレード
SKD 6	0.32 0.42	0.80 1.20	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	4.50 5.50	1.00 1.50	—	0.30 0.50	—	
SKD 61	0.32 0.42	0.80 1.20	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	4.50 5.50	1.00 1.50	—	0.80 1.20	—	
SKD 62	0.32 0.42	0.80 1.20	0.50 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	4.50 5.50	1.00 1.50	1.60 1.50	0.20 0.60	—	プレス型・押出工具
SKD 7	0.28 0.38	0.50 以下	0.60 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	2.50 3.50	2.50 3.00	—	0.40 0.70	—	プレス型・押出工具
SKD 8	0.35 0.45	0.50 以下	0.60 以下	0.030 以下	0.030 以下	—	4.00 4.70	0.30 0.50	3.80 4.50	1.70 2.20	3.80 4.50	プレス型・押出工具・ダイカスト型
SKT 3	0.50 0.60	0.35 以下	0.60 1.00	0.030 以下	0.030 以下	0.25 0.60	0.90 1.20	0.30 0.50	—	(²)	—	鍛造型・プレス型・押出工具
SKT 4	0.50 0.60	0.35 以下	0.60 1.00	0.030 以下	0.030 以下	1.30 2.00	0.70 1.00	0.20 0.50	—	(²)	—	

注 (²) SKT3及びSKT4は、V0.20%以下を添加することができる。

備考 各種とも不純物としてNi0.25% (SKT3及びSKT4を除く。), Cu0.25%を超えてはならない。

● 焼なまし硬さ 鋼材の焼なまし硬さは、表6のとおりとする。ただし、ブリネル硬さの測定が困難な鋼材については、ロックウェル硬さ又はピッカース硬さによることができる。

この場合、硬さの数値は、注文者と製造業者との協定による。

表6 鋼材の焼なまし硬さ

区分	種類の記号	焼なまし温度 °C	焼なまし硬さ HB
切削工具用	SKS 11	780 ~ 850 徐冷	241 以下
	SKS 2	750 ~ 800 徐冷	217 以下
	SKS 21	750 ~ 800 徐冷	217 以下
	SKS 5	750 ~ 800 徐冷	207 以下
	SKS 51	750 ~ 800 徐冷	207 以下
	SKS 7	750 ~ 800 徐冷	217 以下
	SKS 8	750 ~ 800 徐冷	217 以下
耐衝撃工具用	SKS 4	740 ~ 780 徐冷	201 以下
	SKS 41	760 ~ 820 徐冷	217 以下
	SKS 43	750 ~ 800 徐冷	217 以下
	SKS 44	730 ~ 780 徐冷	207 以下
冷間金型用	SKS 3	750 ~ 800 徐冷	217 以下
	SKS 31	750 ~ 800 徐冷	217 以下
	SKS 93	750 ~ 780 徐冷	217 以下
	SKS 94	740 ~ 760 徐冷	212 以下
	SKS 95	730 ~ 760 徐冷	212 以下
	SKD 1	830 ~ 880 徐冷	269 以下
	SKD 11	830 ~ 880 徐冷	255 以下
	SKD 12	830 ~ 880 徐冷	255 以下
熱間金型用	SKD 4	800 ~ 850 徐冷	235 以下
	SKD 5	800 ~ 850 徐冷	235 以下
	SKD 6	820 ~ 870 徐冷	229 以下
	SKD 61	820 ~ 870 徐冷	229 以下
	SKD 62	820 ~ 870 徐冷	229 以下
	SKD 7	820 ~ 870 徐冷	229 以下
	SKD 8	320 ~ 870 徐冷	241 以下
	SKT 3	760 ~ 810 徐冷	235 以下
	SKT 4	740 ~ 800 徐冷	241 以下

備考 熱間圧延鋼板及び鋼帯の焼なまし硬さは、注文者と製造業者との協定による。

● 焼入焼戻し硬さ 鋼材を代表する焼入焼戻し硬さ試験片に、表7に示す温度範囲内の適当な温度を選定して熱処理を施した場合の焼入焼戻し硬さは、表7のとおりとする。

表7 試験片の焼入焼戻し硬さ

区 分	種類の記号	熱処理温度 °C		焼入焼戻し硬さ HRC
		焼入れ	焼戻し	
切削工具用	SKS 11	760 ~ 810 水冷	150 ~ 200 空冷	62 以上
	SKS 2	830 ~ 880 油冷	150 ~ 200 空冷	61 以上
	SKS 21	770 ~ 820 水冷	150 ~ 200 空冷	61 以上
	SKS 5	800 ~ 850 油冷	400 ~ 450 空冷	45 以上
	SKS 51	800 ~ 850 油冷	400 ~ 450 空冷	45 以上
	SKS 7	830 ~ 880 油冷	150 ~ 200 空冷	62 以上
	SKS 8	780 ~ 820 水冷	100 ~ 150 空冷	63 以上
耐衝撃工具用	SKS 4	780 ~ 820 水冷	150 ~ 200 空冷	56 以上
	SKS 41	850 ~ 900 油冷	150 ~ 200 空冷	53 以上
	SKS 43	770 ~ 820 水冷	150 ~ 200 空冷	63 以上
	SKS 44	760 ~ 820 水冷	150 ~ 200 空冷	60 以上
冷間金型用	SKS 3	800 ~ 850 油冷	150 ~ 200 空冷	60 以上
	SKS 31	800 ~ 850 油冷	150 ~ 200 空冷	61 以上
	SKS 93	790 ~ 850 油冷	150 ~ 200 空冷	63 以上
	SKS 94	790 ~ 850 油冷	150 ~ 200 空冷	61 以上
	SKS 95	790 ~ 850 油冷	150 ~ 200 空冷	59 以上
	SKD 1	930 ~ 980 油冷	150 ~ 200 空冷	61 以上
	SKD 11	(1000 ~ 1050 空冷 1020 ~ 1050 空冷)	(150 ~ 250 空冷 500 ~ 530 空冷)	58 以上 58 以上
	SKD 12	930 ~ 980 空冷	150 ~ 200 空冷	61 以上
熱間金型用	SKD 4	1050 ~ 1100 油冷	600 ~ 650 空冷	50 以下
	SKD 5	1050 ~ 1150 油冷	600 ~ 650 空冷	50 以下
	SKD 6	1000 ~ 1050 空冷	550 ~ 650 空冷	53 以下
	SKD 61	1000 ~ 1050 空冷	550 ~ 650 空冷	53 以下
	SKD 62	1000 ~ 1050 空冷	550 ~ 650 空冷	53 以下
	SKD 7	1000 ~ 1050 空冷	550 ~ 650 空冷	53 以下
	SKD 8	1070 ~ 1170 油冷	600 ~ 700 空冷	55 以下
	SKT 2	820 ~ 880 油冷	—	—
	SKT 3	820 ~ 880 油冷	—	—
	SKT 4	820 ~ 880 油冷	—	—

備 考 焼なましを施さない鋼材については表6の焼なましを行った後、焼入焼戻しを施す。

● 外 観 鋼材の外観は仕上げ良好で、使用上有害なきずがあつてはならない。

● 寸法及びその許容差

8.1 標準寸法 熱間圧延丸鋼の標準径は、表8のとおりとする。

表8 標準径

単位 mm

10	20	30	50	100
11	21	32	55	110
12	22	34	60	120
13	23	36	65	130
14	24	38	70	140
15	25	40	75	150
16	26	42	80	
17	27	44	85	
18	28	46	90	
19	29	48	95	

8.2 寸法の許容差 熱間圧延丸鋼の径の許容差は、表9のとおりとする。

表9 径の許容差

単位 mm

径	径の許容差	偏 径 差
10以上16未満	+0.6 -0.3	許容差範囲の70%以下
16以上30未満	+0.7 -0.3	
30以上70以下	+2.5% -1.0%	

備 考 10mm未満及び150mmを超える丸鋼の径の許容差は、注文者と製造業者との協定による。

8.3 熱間圧延丸鋼以外の鋼材の寸法及び寸法許容差については、注文者と製造業者との協定による。

● 脱 炭 鋼材は、著しい脱炭があつてはならない。ただし、熱間圧延丸鋼の脱炭層深さの許容限度は、表10のとおりとする。

表10 熱間圧延丸鋼の脱炭層深さ

単位 mm

径	許容限度
15 未満	0.30
15 以上 25 未満	0.50
25 以上 50 未満	0.80
50 以上 75 未満	1.10
75 以上 100 未満	1.40
100 以上 130 未満	1.80
130 以上 150 以下	2.00

備考 鋼板及び鋼帯の脱炭層深さの許容限度は、注文者と製造業者との協定による。

⑩ 試験

10.1 分析試験

10.1.1 分析試験の一般事項及びとりべ分析試料のとり方は、JIS G 0303 (鋼材の検査通則) の⑨の規定による。

10.1.2 分析方法は、次のいずれかの規格による。

JIS G 1211 (鉄及び鋼中の炭素定量方法)

JIS G 1212 (鉄及び鋼中のけい素定量方法)

JIS G 1213 (鉄及び鋼中のマンガン定量方法)

JIS G 1214 (鉄及び鋼中のりん定量方法)

JIS G 1215 (鉄及び鋼中の硫黄定量方法)

JIS G 1216 (鉄及び鋼中のニッケル定量方法)

JIS G 1217 (鉄及び鋼中のクロム定量方法)

JIS G 1218 (鉄及び鋼中のモリブデン定量方法)

JIS G 1219 (鉄及び鋼中の銅定量方法)

JIS G 1220 (鉄及び鋼中のタングステン定量方法)

JIS G 1221 (鉄及び鋼中のバナジウム定量方法)

JIS G 1222 (鉄及び鋼中のコバルト定量方法)

JIS G 1253 (鉄及び鋼の光電測光法による発光分光分析方法)

JIS G 1256 (鉄及び鋼の蛍光X線分析方法)

JIS G 1257 (鉄及び鋼の原子吸光分析方法)

10.2 硬さ試験

10.2.1 焼なましを施した鋼材の硬さ測定は、鋼材の任意の箇所とする。

10.2.2 焼入焼戻し硬さ試験の供試材のとり方は、1溶鋼ごとに1個とする。

10.2.3 焼入焼戻し硬さ試験片は、10.2.2によりとつた供試材を約15mm角又は丸、長さ約20mmに仕上げる。ただし、この寸法によりにくいときは、注文者と製造業者との協定による。

10.2.4 試験方法は、次の規格による。

JIS Z 2243 (ブリネル硬さ試験方法)

JIS Z 2244 (ビッカース硬さ試験方法)

JIS Z 2245 (ロックウェル硬さ試験方法)

10.3 脱炭層深さの測定 脱炭層深さの測定は、JIS G 0558 (鋼の脱炭層深さ測定方法)の④顕微鏡による測定方法に従い、全脱炭層深さ(DM-T)によるものとする。ただし、熱間金型用以外の鋼材で顕微鏡による測定が困難な場合は、JIS G 0588の⑤硬さ試験による実用脱炭層深さ(DH-P)によることが望ましい。この場合、試験片の熱処理は表7により、実用脱炭層深さは、表7に示す硬さに達するまでの表面からの深さとする。

① 検査

11.1 化学成分、焼なまし硬さ、焼入焼戻し硬さ、外観、寸法及び脱炭の試験成績は、④、⑤、⑥、⑦、⑧及び⑨の規定に適合しなければならない。

11.2 11.1に規定する検査のほか、次にあげる特殊な検査のうち必要な事項を指定することができる。この場合、注文者は、検査項目、試料のとり方、試験方法及び合否判定基準についてあらかじめ製造業者と協定しなければならない。

マクロ組織検査

顕微鏡組織検査

非金属介在物検査

地きず検査

磁粉探傷検査

超音波探傷検査

ただし、供試材のとり方、試験片、試験方法などは、次の規格による。

JIS G 0303 (鋼材の検査通則)

JIS G 0553 (鋼のマクロ組織試験方法)

JIS G 0555 (鋼の非金属介在物の顕微鏡試験方法)

JIS G 0556 (鋼の地きずの肉眼試験方法)

JIS G 0565 (鉄鋼材料の磁粉探傷試験方法及び欠陥磁粉模様等級分

類)

JIS Z 2344 (金属材料のパルス反射法による超音波探傷試験方法)

● 表示

12.1 棒鋼、平鋼及び線材 棒鋼、平鋼及び線材の表示は、鋼材ごとに、次の項目を適当な方法で表示しなければならない。ただし、径又は対辺距離が30mm未満の鋼材及び平鋼は、これを結束して、1束ごとに適当な方法で表示してもよい。

また、注文者の承認を得た場合には、次の項目中の一部を省略することができる。

- (1) 種類の記号
- (2) 溶鋼番号又はその他の製造番号
- (3) 製造業者名又はその略号

12.2 鋼板及び鋼帯 鋼板及び鋼帯の表示は、鋼材ごと又は1結束ごとに、次の項目を適当な方法で明示しなければならない。ただし、注文者の承認を得た場合には、その一部を省略することができる。

- (1) 種類の記号
- (2) 溶鋼番号又はその他の製造番号
- (3) 寸法
- (4) 製造業者名又はその略号

● 報告 製造業者は、種類の記号、溶鋼番号又はその他の製造番号、化学成分、寸法、納入状態などを記載した鋼材の明細書を注文者に提出しなければならない。ただし、11.2による成績表の提出は、注文者と製造業者との協定による。

第4節 構造用合金鋼

G 4051

④ 機械構造用炭素鋼鋼材

1965—制定

1979—改正

〔編注〕 本規格は1950年 JIS G 3102 として制定され、1956年、1964年及び1965年の3度の改正を経て、今回の改正(1979年)に至っている。特に1965年の改正では大幅な内容の改正が行われ、分類番号も G 4051 に変更された。

今回の改正の要点は次のとおりである。

- (1) 種類及び記号で S 9 C K が S 09C K に改められた。
- (2) 化学成分で備考2. の製品分析に関する規定が JIS G 0303 から G 0321 に変更になった。

- (3) 外観及び形状、寸法並びにその許容差の項で下記の改正がなされた。
- (イ) 熱間圧延棒鋼及び線材では熱間圧延鋼材の標準寸法の追加及び削除がなされ、冷間引抜用棒鋼のさずの手入れ限度が追加され、さらに黒皮ナット用熱間圧延六角鋼の形状、寸法の許容差が削除された。
- (ロ) 熱間圧延鋼板及び鋼帯並びに熱間圧延平鋼については、外観、さず取り基準、標準寸法、形状及び寸法の許容差の規定が明確にされた。
- (4) 試験、検査の項では、表現を他の鋼材規格に合わせて修正した。なお分析方法のうち JIS G 1201～1203が削除されG1256、G1257が追加された。
- (5) 表示の方法を平鋼、棒鋼及び線材と鋼板及び鋼帯のそれぞれに区分して規定した。また“小さい鋼材”と表現していたものを、数値でその値を明確化した。
- (6) 報告の方法を JIS G 0303 の㊸で規定した。

㊸ 適用範囲 この規格は、熱間圧延、熱間鍛造など、熱間加工によつて作られたもので、通常更に鍛造、切削などの加工と熱処理を施して使用される機械構造用炭素鋼鋼材（以下、鋼材という。）について規定する。

なお、JIS G 3201（炭素鋼鍛鋼品）及びJIS G 3251（炭素鋼鍛鋼品用鋼片）は含まない。

㊹ 種類及び記号 鋼材は23種類とし、その記号は表1のとおりとする。S 09C K、S 15C K及びS 20C Kの3種類は、はだ焼用に使用するものである。

㊺ 製造方法

3.1 鋼材は、キルド鋼塊から製造する。

3.2 鋼材は、鋼塊からの鍛練成形比4 S 以上に該当する圧延又は鍛造などを行わなければならない。ただし、鍛造又は圧延用の鋼片で鍛練成形比が4 S 未満の場合は、あらかじめ注文者と製造業者で協定しなければならない。

3.3 鋼材は、特に指定のない限り、圧延又は鍛造のままとする。

㊻ 化学成分 鋼材の化学成分は、とりべ分析により、その値は表1のとおりとする。

表1 種類の記号及び化学成分

種類の記号	化 学 成 分 %				
	C	Si	Mn	P	S
S10C	0.08 ~ 0.13	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.030 以下	0.035 以下
S12C	0.10 ~ 0.15	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.030 以下	0.035 以下
S15C	0.13 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.030 以下	0.035 以下
S17C	0.15 ~ 0.20	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.030 以下	0.035 以下
S20C	0.18 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.030 以下	0.035 以下
S22C	0.20 ~ 0.25	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.030 以下	0.035 以下
S25C	0.22 ~ 0.28	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.030 以下	0.035 以下
S28C	0.25 ~ 0.31	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S30C	0.27 ~ 0.33	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S33C	0.30 ~ 0.36	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S35C	0.32 ~ 0.38	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S38C	0.35 ~ 0.41	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S40C	0.37 ~ 0.43	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S43C	0.40 ~ 0.46	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S45C	0.42 ~ 0.48	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S48C	0.45 ~ 0.51	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S50C	0.47 ~ 0.53	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S53C	0.50 ~ 0.56	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S55C	0.52 ~ 0.58	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S58C	0.55 ~ 0.61	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.035 以下
S09CK	0.07 ~ 0.12	0.10 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.025 以下	0.025 以下
S15CK	0.13 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.025 以下	0.025 以下
S20CK	0.18 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.025 以下	0.025 以下

- 備考 1. S09CK, S15CK及びS20CKは、不純物としてCu0.25%, Ni0.20%, Cr0.20%, Ni+Cr0.30%を、その他の記号のものは、Cu0.30%, Ni0.20%, Cr0.20%, Ni+Cr0.35%を超えてはならない。
2. 注文者の要求により鋼材の製品分析を行う場合の許容変動値は、JIS G 0321.(鋼材の製品分析方法及びその許容変動値)の表2による。

⑤ 外観及び形状、寸法並びにその許容差

5.1 熱間圧延棒鋼及び線材

5.1.1 外 観 熱間圧延棒鋼及び線材の外観は、仕上げ良好で、使用上有害な欠陥があつてはならない。

ただし、コイル状で供給される鋼材は、若干の正常でない部分を含むことがある。

5.1.2 きず取り基準 熱間圧延棒鋼のきず取り基準は、次のとおりとする。

- (1) 一般鍛造用棒鋼 一般鍛造用棒鋼のきず取りは滑らかに行い、その深さは呼称寸法から呼称寸法の4%以下(ただし、最大値5mm)とする。また、その幅の合計は、同一断面において周の $\frac{1}{4}$ 以下とする。

ただし、寸法許容差内にあるきず取り部分は、きず取り跡とはみなさない。

残存きずの許容限度については、注文者と製造業者との協定による。

- (2) 直接切削用丸鋼 直接切削用丸鋼のきずの深さの許容限度は、呼称寸法から表2の値までとする。

表2 直接切削用丸鋼（熱間圧延棒鋼）のきずの深さの許容限度

径 mm	きずの深さの許容限度
16未満	呼称寸法の4%以下。ただし、最大値0.5mm
16以上 50未満	呼称寸法の3%以下。ただし、最大値1.0mm
50以上 100未満	呼称寸法の2%以下。ただし、最大値1.5mm
100以上	呼称寸法の1.5%以下。ただし、最大値3.0mm

- (3) 冷間引抜用棒鋼 冷間引抜用棒鋼のきず取りは滑らかに行い、手入れの深さの限度は、寸法許容差の下限から表3の値までとする。

残存きずの許容限度については、注文者と製造業者との協定による。

表3 冷間引抜用棒鋼（熱間圧延棒鋼）のきずの手入れ限度

径又は対辺距離mm	きずの手入れ限度
16未満	0.15mm
16以上 50未満	呼称寸法の1%以下。ただし、最大値0.35mm
50以上 100未満	呼称寸法の0.7%以下。ただし、最大値0.50mm
100以上 130以下	呼称寸法の0.5%以下。

5.1.3 標準寸法 熱間圧延棒鋼（丸鋼、角鋼、六角鋼）及び線材の標準寸法は、表4のとおりとする。

表4 熱間圧延棒鋼及び線材の標準寸法

単位 mm

丸 鋼(径)					角 鋼(対辺距離)			六 角 鋼(対辺距離)		線 材(径)	
(10)	22	42	85	150	40	95	200	(12)	41	5.5	(15) 30
	11	(24)	44	90 (170)	45	100		13	46	6	16 32
	(12)	25	46	95 180	50	(105)		14	50	7	(17)
	13	(26)	48	100 (190)	55	110		17	55	8	(18)
	(14)	28	50	(105) 200	60	(115)		19	60	9	19
	(15)	30	55	110	65	120		22	63	9.5	(20)
	16	32	60	(115)	70	130		24	67	(10)	22
	(17)	34	65	120	75	140		27	71	11	(24)
	(18)	36	70	130	80	150		30	(75)	(12)	25
	19	38	75	140	85	160		32	(77)	13	(26)
	(20)	40	80	150	90	180		36	(81)	(14)	28

備 考 括弧内の寸法は、なるべく使用しないことが望ましい。

5.1.4 形状、寸法の許容差 熱間圧延棒鋼及び線材の形状、寸法の許容差は、次の(1)~(3)のとおりとする。

ただし、熱処理を施した熱間圧延棒鋼及び線材には適用しない。

(1) 熱間圧延丸鋼及び角鋼の形状、寸法の許容差は、表5のとおりとする。

表5 熱間圧延丸鋼及び角鋼の形状・寸法の許容差

項目	形状、寸法の許容差	
径又は対辺距離の許容差	±1.5%。ただし、最小値0.4mmとする。	
偏径差又は偏差	径又は対辺距離の許容差範囲の70%以下とする。	
長さの許容差	長さ7m以下	+40 0 ^{mm}
	長さ7mを超えるもの	長さ1m又はその端数を増すごとに上記のプラス側許容差に5mmを加える。
角の丸み(R)	原則として対辺距離の10~20%とする。	
ねじれ	実用的にまつすぐであること。	
曲がり	1mにつき3mm以下とし、全長に対しては $3\text{mm} \times \frac{\text{長さ(m)}}{1\text{m}}$ 以下とする。	

(2) 熱間圧延六角鋼の形状、寸法の許容差は、表6のとおりとする。

表6 熱間圧延六角鋼の形状、寸法の許容差

項目	対辺距離	対辺距離の許容差	対辺距離の偏差
対辺距離の許容差及び偏差 mm	(12) 13 14 17	±0.7	1.0 以下
	19 22 24 27 30		
	32 36 41 46 50	±1.0	1.4 以下
	55 60 63 67 71 (75) (77) (81)	±1.2	1.7 以下
長さの許容差	長さ7m以下	+40 0 ^{mm}	
	長さ7mを超えるもの	長さ1m又はその端数を増すごとに上記のプラス側許容差に5mmを加える。	
ねじれ	実用的にまつすぐであること。		
曲がり	1mにつき3mm以下とし、全長に対しては $3\text{mm} \times \frac{\text{長さ(m)}}{1\text{m}}$ 以下とする。		

備考 括弧内の寸法は、なるべく使用しないことが望ましい。

鉄の三二号