

有機自硬性鑄型の研究

機械金属室 國 吉 和 男

1. 緒 言

近年砂型の粘結剤として、セメントや水ガラス等の無機粘結剤に代って、有機粘結剤が広く使用されるようになってきている。

これは無機粘結剤に比べて、有機粘結剤は少量添加で大きな強度が得られ、はり気がなく、寸法精度が向上し、崩壊性にすぐれ、砂の回収率が高いなどの多くの利点が評価されたためである。

しかし、現在有機粘結剤は多種多様のものが市販されているにもかかわらず、それぞれの特長や、比較、試験方法、評価のし方等がまだ確立してない。これらのことは、砂管理技術や鑄造欠陥等を含めて、早急に確立されなければならない。

本実験では、市販されている有機粘結剤の中から代表的な4種類を選び常温特性と高温特性を比較し、最終的に鑄込み試験による評価を行なって、その特性を明らかにした。

2. 実 験 方 法

2・1 供試粘結剤と珪砂

有機自硬性鑄型に使用されている結合剤は、大別すると酸硬化樹脂に分かれ、硬化剤、触媒により表1のように分類される。¹⁾

これらの中で現在良く使用されている有機粘結剤鑄型の代表として酸硬化樹脂に、フラン・ユリア樹脂を有機酸で硬化させる鑄型（カオライトナー340 A、C-14）、フェノール樹脂を有機酸で硬化させる鑄型（ファンドレッツ DA-601、キャタリストC22M）ウレタン樹脂に油変性アルキド樹脂をナフテン酸コバルトを触媒にポリイソシアネートで硬化させる鑄型（リノキュア、A・B・C液）フェノール樹脂をトリエチルアミン液を触媒にポリイソシアネートで硬化させる鑄型（AVライト、AP-M750、AP-P200S-3、UA）の4種類を選んだ。
その配合はカタログ標準を基本とし、次の手順により混練し金型へ充てんした。

表1 有機自硬性鑄型の分類

	粘 結 剤	硬化剤・触媒
酸 硬 化 樹 脂	フラン樹脂	りん酸
	フラン・ユリア樹脂	硫酸
	フラン・フェノール樹脂	パラトルエン・スルホン酸
	フラン・ユリア・フェノール樹脂	ベンゼンスルホン酸
	フェノール樹脂	
ウ レ タ ン 樹 脂	油変性アルキド樹脂、ポリイソシアネート	金属石けん
	フェノール樹脂、ポリイソシアネート	ピリジン誘導体
	変性ポリエーテル、ポリオール、ポリイソシアネート	

カオライトナー、ファンドレッツ
珪砂(2kg)+硬化剤+粘結剤→金型
1分混練
1分混練

リノキュア
珪砂(2kg)+(A+B液)+C液→金型
1分混練
1分混練

AVライト
珪砂(2kg)+(P+UA液)+M液→金型
1分混練
1分混練

珪砂の物性は、鋳型を造型する時の強度に大きな影響を与えるが、本実験では粒度が適当で微粉が少なく、SiO₂含有率が高いオーストラリア産の、フリーマントル砂を基準の珪砂として使用した。

2・2 常温試験

有機自硬性鋳型の造型の中で、重要と思われる工程に(1)模型に砂をつめるまでの工程、(2)模型を抜きとる工程、(3)中子納めないし型合せの工程がある。

一方有機自硬性鋳型の強度の経時変化を見ると図1のように、初期の4時間までは、時間とともに急速に強度が増加し、約24時間で最大強度に達する。酸硬化樹脂のカオライトナー、フェンドレッツは24時間後、強度の増加は少く、ウレタン樹脂のリノキュア、AVライトは強度の劣下が見られた。

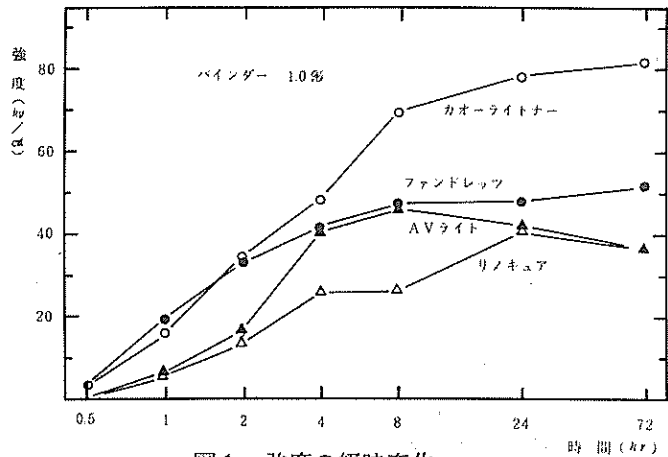


図1 強度の経時変化

これらの事から上記の3工程における強度は次に示す仮定で実験し、値を求めた。

- (1) 模型に砂をつめるまでの工程での強度 = 混練直後から2分毎に、試験砂を50φ×50mmに、ランマーで3回つきかためて成型し、24時間恒温室(温度25±2°C)においた試験片の表面安定度(ただし振とうは、10[#]の篩い上で2分間とした、以下表面安定度という)
- (2) 模型を抜きとる工程での強度 = 混練直後の試験砂を50φ×50mmの試験片に成型し、密閉状態で1時間経過した時の抗圧力(以後抜型強度という)
- (3) 中子納めないし型合せ工程での強度 = 抜型強度を測定する試験片を、その直後、恒温室内(温度25±2°C)で24時間経過させた時の抗圧力(以後鋳型強度と言う)

混合は、品川式万能混合攪拌機50M-rを使用し、抜型、鋳型強度は50φ×50mmの金型空間に振動をかけながら充てんし、試験片とした。

圧縮試験機は(株)前川試験機製作所、アムスラー型試験機を用いた。

2・3 高温試験

鋳型強度を測定する試験片を、500°Cに保持した炉内に速やかに挿入して抗圧力と破壊までの時間を測定した。試験機は東京衡機、高温鋳物砂圧縮試験機を用いた。

2・4 ガス分析と湯流れ試験

有機自硬性鋳型内での、金属のガス吸収を見るため、湯流れ試験のうず巻型を造型し、5φ×5mmの孔を100mm等間隔で空け、窒素、水素の、ガス分析用金属試料を採取した。同時に湯流の状況も比較した。分析は、国際電子工業(株)サーマチックVK-4Dを用いた。

2・5 鋳込み試験

有機自硬性鋳型の高温における挙動はあまり知られてないが、無機自硬性鋳型に比べて、高温強度が低く、侵食や、ベーニングの欠陥が多いと言われる。³⁾

本実験では図2のような、侵食試験用鋳型とベーニング試験用鋳型に鋳鉄を鋳込んで比較した。造型は注湯の前日に行い、溶解は富士電波高周波溶解炉（30 kg）を用いた。

3 実験結果

3・1 常温試験

有機自硬性鋳型の混練から型込みまでの時間は、最終的鋳型の表面安定度や強度に大きく影響する。ここで各バインダー量を1.0%にした表面安定度を図3に示す。

混練直後に採取した試験片の表面安定度はカオーライトナー（89%）、リノキュア（88%）、AVライト（86%）、ファンドレッツ（82%）の順であった。

又、カオーライトナーは採取時間6分、ファンドレッツ4分以後急速に表面安定度は低下した。リノキュア、AVライトは8分までその低下は少く、リノキュアが最も可使用時間が長かった。

表面安定度は、各工場それぞれ作業工程を考慮した基準が有り、一概に比較はできないが、たとえば基準70%において可使用時間を見ると、ファンドレッツが一番短く、カオーライトナー、AVライト、リノキュアの順に長いと言える。

次に各粘結剤を表2の基本配合で、珪砂2kgに対して、バインダー4水準における強度を測定すると図4、図5のようであった。

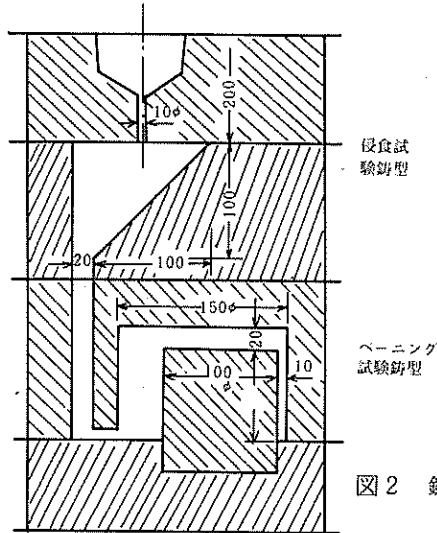


図2 鋳込試験鋳型

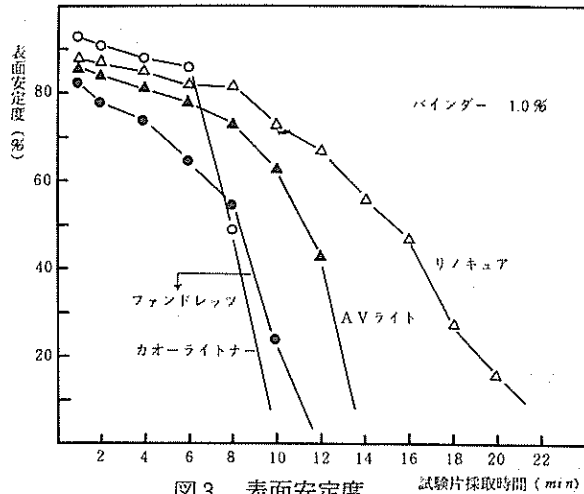


図3 表面安定度

表2 有機粘結剤鋳型の強度

名称、基本配合	バインダー量	抜型強度	鋳型強度
カオーライトナー レジン：硬化剤 1：0.5	1 レジン0.5%	2.9 kg/cm ²	23.5kg/cm ²
	2 1.0	8.7	70.0
	3 1.5	16.1	91.1
	4 2.0	19.6	113.6
ファンドレッツ レジン：硬化剤 1：0.5	1 レジン0.5	4.7	11.6
	2 1.0	18.0	41.4
	3 1.5	26.1	73.0
	4 2.0	32.4	92.4
リノキュア A：B：C 1：0.05：0.25	1 A+C=0.5	0	11.3
	2 1.0	7.2	44.7
	3 1.5	7.6	67.8
	4 2.0	8.0	80.4
AVライト P：M：UA 1：1：0.04	1 P+M=0.5	0.6	5.8
	2 1.0	4.4	35.0
	3 1.5	7.8	68.7
	4 2.0	10.2	83.2

抜型強度では、カオーライトナー、ファンドレッツはバインダー量を増せば強度も高くなり、ファンドレッツにおいては1.0%水準で18kg/cm²の強度があった。リノキュア、AVライトは0.5%水準で、強度はほとんど無く、1.0%水準で4~7kg/cm²でバインダー量を増加しても、抜型強度の向上はみられなかった。鑄型強度は各粘結剤ともバインダー量に対して、ほぼ比例的に強度が高上する。中でもカオーライトナーは1.0%水準で他の粘結剤の約1.8倍の強度を示し、バインダー量からみると、カオーライトナー並の強度を得るのに、他の粘結剤はカオーライトナーの約1.5倍の量が必要と言える。

現在生産現場において、経済的バインダーの添加量は1.0%前後と言われることから、1.0%を基準の水準として、抜型、鑄型強度をカオーライトナーに比べてみると、抜型強度において、ファンドレッツは2倍以上の強度が有り、鑄型強度では、他の3種の粘結剤は約1/2の強度しかない。

ここでバインダー量1.0%を基準に各粘結剤の抜型強度、鑄型強度の改善をこころみた。ファンドレッツは硬化剤比を変化することと、硬化剤の種類をC89Sに変えることで図6のように強度が変化した。すなわち、硬化剤比を小さくすると抜型強度は低下、鑄型強度は向上し、0.3比で抜型強度8.1kg/cm²鑄型強度54kg/cm²となった。C89S硬化剤に変えても抜型強度が35.1kg/cm²と向上しただけで鑄型強度は変らなかった。

リノキュアはA/C比を変化することと、B液の比を変化することで図7~8のように強度が変化した。A/Cは基準比4/1前後では、いずれも抜型強度は変化せず、鑄型強度は低下する傾向であった、B比を変えると抜型強度は比が大きくなると向

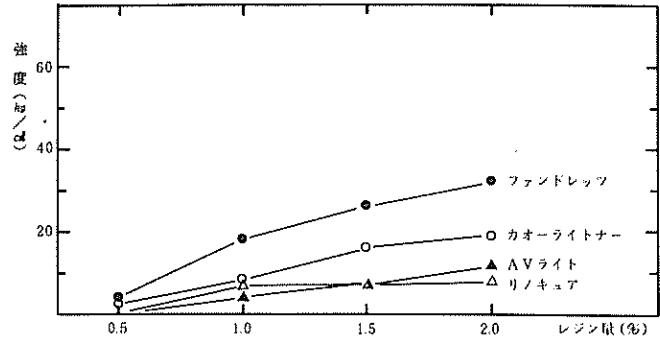


図4 抜型強度

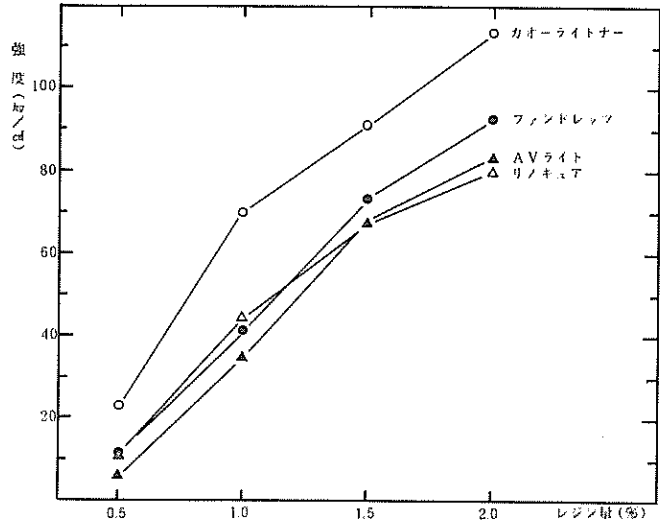


図5 鑄型強度

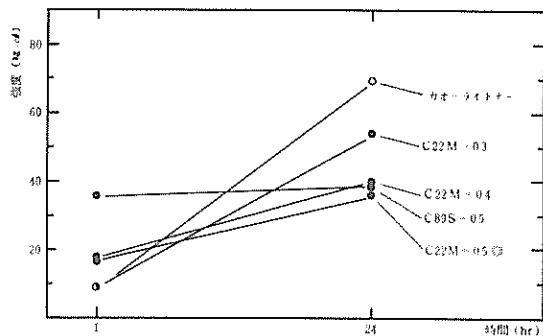


図6 ファンドレッツ改善

上するが、鋳型強度は基準比0.8前後でいずれも低下した。

AV ライトは粘結剤の種類をP 200に変えて、P/M比とUA比を変化すると(図9~10)のように強度が変化したP 200によって抜型強度が大きく向上しUAを一定にすると、P/Mが大きくなるほど抜型、鋳型強度とも低下した。UA比は小さくなると鋳型強度を高める傾向であった。

表3 強度改善

名称	配合割合	抜型強度	鋳型強度	備考	
フ ア ン ド レ ッ ツ	レジン:硬化剤 = 1:0.5	16.9	36.6	硬化剤C22M 硬化剤比変化	
	" = 1:0.4	17.2	40.4		
	" = 1:0.3	8.1	54.1	硬化剤C89 S	
	" = 1:0.5	35.1	39.3		
リ ノ キ ュ ア	A:C = 4:0.8	4.6	28.8	A:C変化 B = 0.04 / 対砂	
	" = 4:1.2	7.7	34.5		
	A:B:C = 4:0.1:1	2.4	36.1	Bの比変化	
	" = 4:0.2:1	5.2	39.1		
	" = 4:0.3:1	7.1	27.9		
A V ラ イ ト	P:M:UA = 10:10:0.4	3.6	43.0	レジンP200S-3	
	" = 12:8:0.4	15.0	29.0	レジンP200	
	" = 8:12:0.4	34.4	43.0	P:M変化	
	" = 10:10:0.2	34.1	46.4		
	P+M=1% 対砂	" = 10:10:0.3	33.3	36.7	レジンP 200 UA比変化
		" = 10:10:0.4	34.4	34.9	

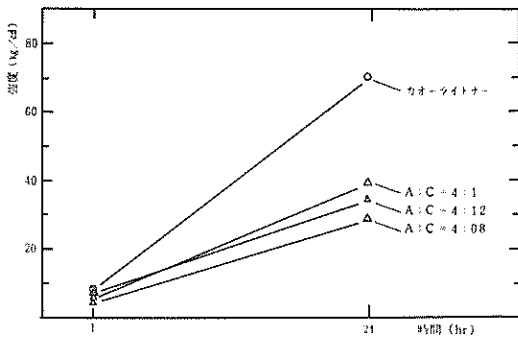


図7 リノキュア改善

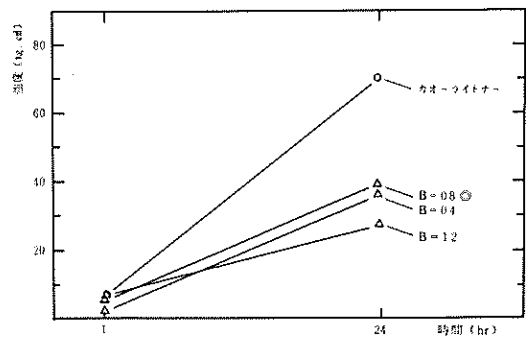


図8 リノキュア改善

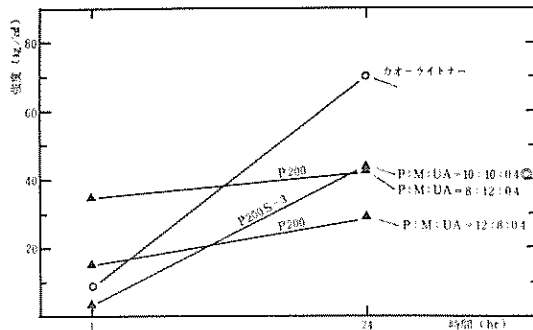


図9 AVライト改善

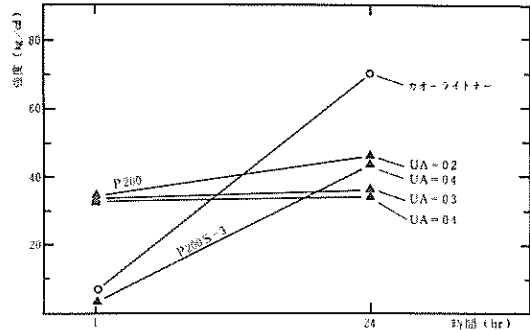


図10 AVライト改善

3・2 高温試験

有機自硬性鋳型の高温強度は生型や、無機鋳型に比べて低く、溶湯に接すると、燃焼又は分解により多量のガスを発生して、鋳型強度はほとんど無くなる。これは崩壊性が良い利点にむすびつくが、しかし強度の低下や、ガスによる鋳造欠陥増加の原因といわれている。

本実験では、500℃の酸化雰囲気における強度を測定した(図11)。各粘結剤とも急速に軟化し、それから硬化して、強度が高まり、次に燃焼あるいは分解により強度が低下する傾向がみられた。

酸硬化樹脂のカオーライトナー、ファンドレッツはいったん軟化し、2～3分後に強度が高まり、その後燃焼して、7分後に完全に強度が無くなる。ウレタン樹脂リノキュア、AVライトのいったん軟化して、又硬化する傾向は、酸硬化樹脂と同じで、3分以後は低い水準で強度が残った。軟化時における強度低下は、カオーライトナー、AVライト、ファンドレッツ、リノキュアの順に、低下の度合が大きかった。

3・3 ガス分析と湯流れ試験

4種の有機自硬性湯流れ試験鋳型に、同時に、同一湯(材質=普通鋳鉄、CE=3.80~3.85、鋳込温度=1400℃)を鋳込んだ。

分析試料は黒皮のまま、窒素約0.5g、酸素約0.5gを採取し、分析した(表4)。窒素と水素は、鋳型による差はみられず、酸素は、酸硬化樹脂のカオーライトナー、ファンドレッツが2000ppmを越え、AVライト、リノキュアの順に低かった。

湯流れ試験は(写真1)のとおりで、ファンドレッツ121cm、カオーライトナー115cm、リノキュア112cm、AVライト109cmの順であった。

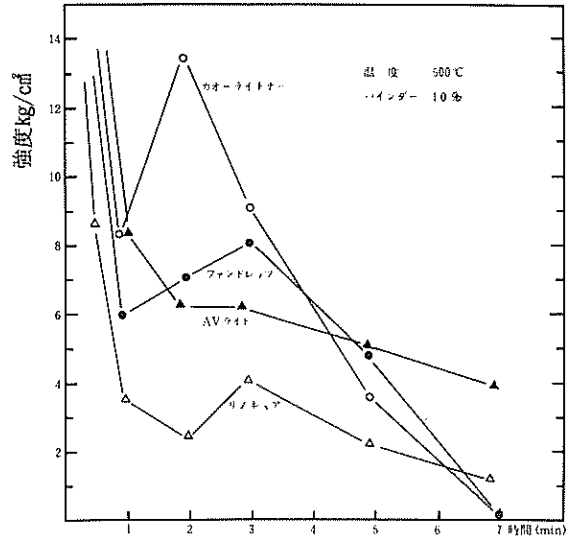
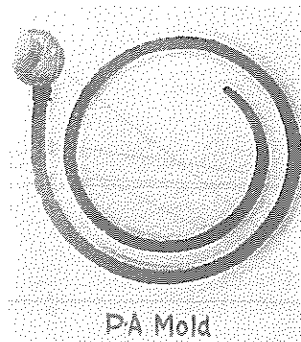


図11 高温強度

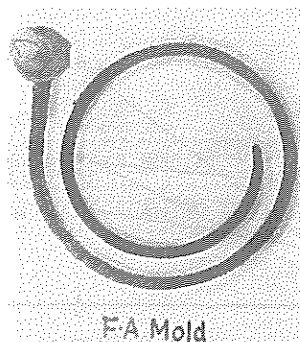
表4 ガス分析(普通鋳鉄)

	カオーライトナー	ファンドレッツ	リノキュア	AVライト
窒素	47.0 ppm	47.0 ppm	45.6 ppm	49.4 ppm
酸素	>2000	>2000	366.6	933.8
水素	4.1	5.2	3.3	4.5

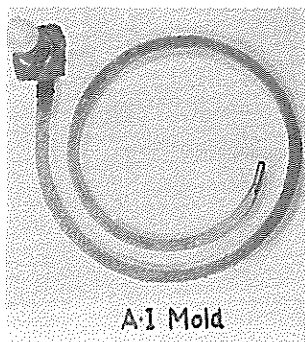


ファンドレッツ

写真一
湯流れ試験

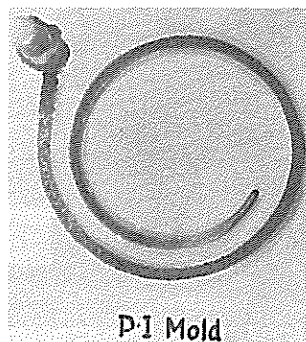


カオーライトナー



A-I Mold

リノキュア



P-I Mold

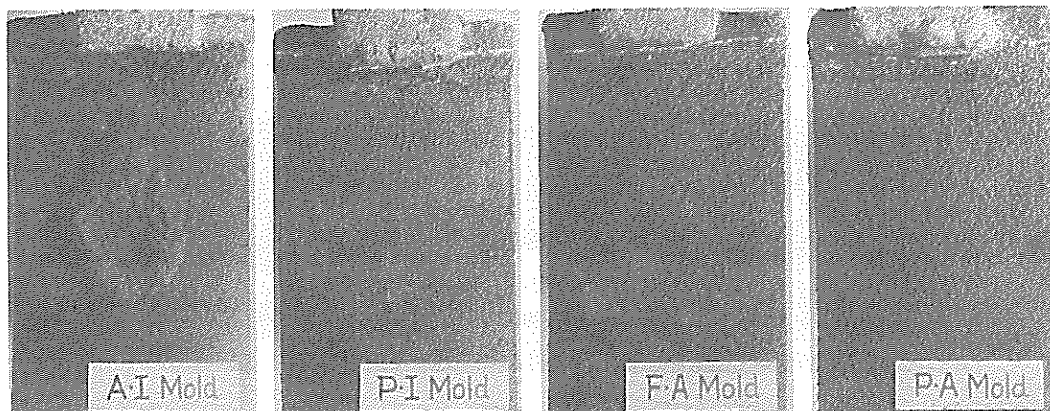
AV ライト

3・4 鋳込み試験

鋳込温度は 1400°C、材質は普通鋳鉄 FC20~25 (CE 値 3.8) を目標に注湯を行なった。結果を (写真 2~3) に示した。

侵食試験はリノキュアが侵食され、他の 3 種は侵食による欠陥は無かった。(写真 2)

写真-2 侵食試験



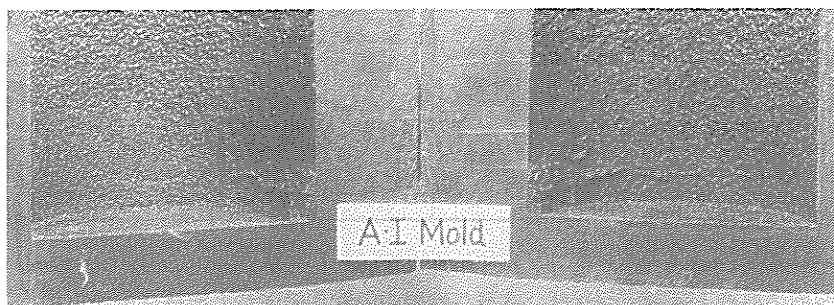
リノキュア

AV ライト

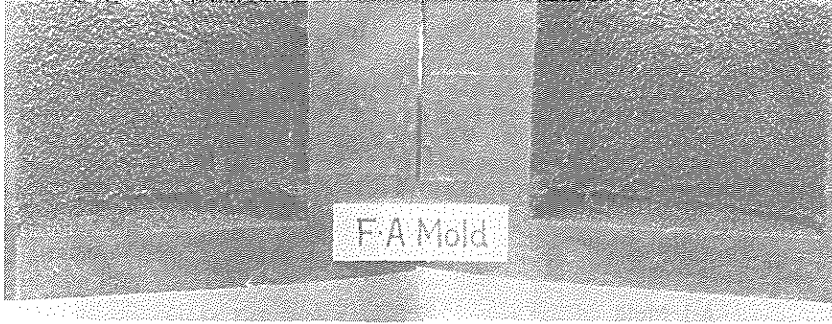
カオーライトナー

フェンドレッツ

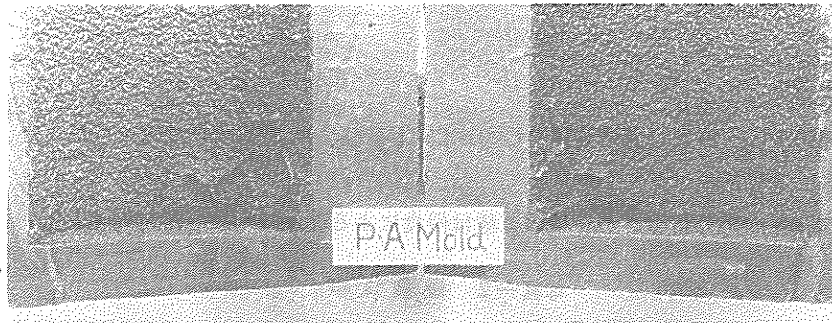
写真-3 ベーニング試験



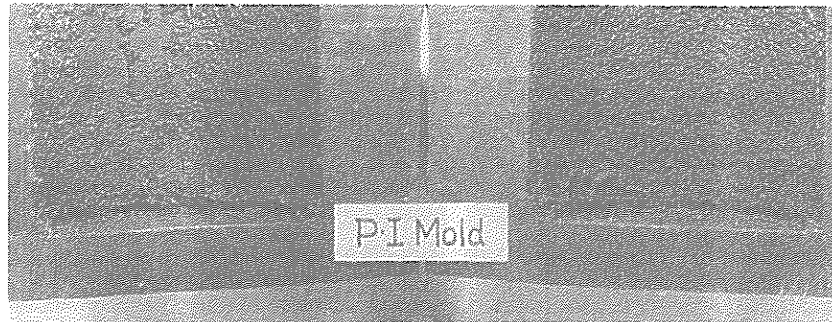
リノキュア



カ
オ
ー
ラ
イ
ト
ナ
ー



フ
ァ
ン
ド
レ
ッ
ツ



A
V
ラ
イ
ト

ベ－ニングは、リノキュアが最も少なく、カオーライトナー、フェンドレッツ、AVライトの順に少なかった。（写真9～12）

高温強度の特性と、鋳込試験結果を表5にまとめた。

表5 高温特性と鋳込試験結果

	カオーライト ナー	フェンドレッツ	リノキュア	AVライト
高温における 軟化の度合	小	中	大	中
侵 食	無	無	有	無
ベ－ニング	中	大	小	大

これらのことから、高温における軟化の度合の大きいものは、侵食に弱く、ベ－ニングの発生は少ない、逆に軟化の度合が小さいか、中程度のものは、侵食に強くベ－ニング発生は大きい傾向であった。

有機自硬性鋳型の侵食とベ－ニングは、高温特性の中の軟化の度合と密接な関係が有るように思える。

ま と め

有機自硬性鋳型の特性を市販されている粘結剤の中から、4種類を選び比較検討を行なった。使用した粘結剤は、酸硬化樹脂2種（カオーライトナー、フェンドレッツ）ウレタン樹脂2種（リノキュア、AVライト）の計4種である。得られた結果は次のとおりである。

- (1) 常温強度は、抜型強度でフェンドレッツが高く、鋳型強度においてはカオーライトナーが他の約2倍高い強度値であった。
- (2) ロータップ法による、可使時間はフェンドレッツが短かく、リノキュアが最も長かった。
- (3) 鋳型強度を改善するには、基本的にはバインダー量を増せば良い。
- (4) バインダー量/砂を一定に、硬化剤比、バインダー2液の比、触媒比を変えることで、抜型強度、鋳型強度を多少改善できる。
- (5) 高温酸化雰囲気においては、いったん軟化して、硬化し、最後に燃焼、分解により、強度が低下する傾向である。
- (6) 窒素、水素ガスの吸収は、酸硬化樹脂が大きく、ウレタン樹脂は少ない。
- (7) 湯流れは、フェンドレッツが一番良く、カオーライトナー、リノキュア、AVライトの順である。
- (8) 侵食は、リノキュアだけにみられ、他の3種には無かった。ベーニングは4種とも発生したが、比較的リノキュアが少なかった。

なお、本研究は昭和54年度中小企業技術指導員養成研修として名古屋工業技術試験所において行なわれたものである。懇切なご指導とご助言をいただいた第2部、第2課、太田英明主任研究官と、実験に御協力いただいた三菱化成工業（株）黒崎工場の村田久氏に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 太田英明、鋳型材料、総合鋳物センター、鋳造研修講座テキスト（1973）
- (2) 太田英明他、鋳物、50、11（1978）688
- (3) 大橋貞文、鋳物、44、3（1972）166

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。