

金型用鋼の熱処理について

機械金属室 比嘉眞嗣
國吉和男

1. 緒言

沖縄県における機械金属製造業の将来を展望するために、県内企業約100社を対象に技術実態調査を行った。これにより金型製品の需要がかなり顕在することが解り、機械工作分野の振興のために金型加工技術の育成強化、技術集積の必要性を指摘した¹⁾。

従って、それをうけて、平成元年度より機械加工業の指導強化、金型加工技術集積を促すため、先端的な工作機械であるマシニングセンターおよび型彫り放電加工機を導入設置し、平成3年度、新たにワイヤーカット放電加工機、グラファイト電極加工機を導入設置し機械加工部門の整備拡充を行ってきた。

県内で最も多い金型は、アルミ型材の3次加工用としてのアルミサッシの打ち抜きプレス金型であり、次に、その元であるアルミ型材成形用押し出し金型である。他に、一般の薄板の絞り、曲げ及び打ち抜きプレス金型と各種の金型が確認される。

金型加工は、全産業に波及する基盤である製造機械の装置部品の製造であり、金型加工業を育成強化することは、今後の、県内機械金属製造業の底上げ、機械加工業の技術レベル向上に大いに貢献すると考えている。

昨年度は、ガラス金型に的を絞り、琉球ガラスの製造工程とその中で利用されているガラス金型の種類、用途と、実際の利用状況について調査し、型の紹介と金型製作のための機械加工の基本パターンを紹介した。²⁾

今年度は、県内で一番多い型である、アルミサッシの打ち抜きプレス用金型の性能強化のために金型の熱処理について、鋼種、加熱温度、加熱時間等、種々検討したので、その知見を以下に報告する。

2. 実験方法

2. 1 実験に供した材料

実験に用いた材料は、型鋼の代表的鋼種である炭素工具鋼であるSK3と、合金工具鋼の中では利用の多いSKS3と同じくダイス鋼として定評のあるSKD11の2種類、計3鋼種を用いた。各々の化学成分は表1の通りである。

表1 供試材の化学成分

(%)

鋼種	分析値	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	V
炭素工具鋼	SK 3	1.00	0.35	0.50	0.03	0.03				
合金工具鋼	SKS 3	0.93	0.30	1.04	0.02	0.01	0.60	0.07	0.5	0.02
	SKD11	1.50	0.40	0.60	0.02	0.02	12.0	1.00	—	0.30

2. 2 実験方法

まず最初に、各鋼種の最適焼入れ温度を調べるために、加熱温度を3段階の設定で焼き入れを行い、ピッカース硬度計で硬さを求めた。試験片の大きさは、JIS標準試験体(15×15×20mm)とした。加熱炉は窒素置換の電気炉を利用して行った。加熱時間その他の条件については、表2のように行った。

表2 実験条件(1) 焼入れ温度、及び測定結果

TP No.	材質	加熱温度(°C)	保持時間(min)	焼入れ方式	試験片寸法	測定結果(HV)
1	SK 3	810	30	油 冷	15×15×20	816
2		825				855
3		840				844
4	SKS 3	800	30	油 冷	15×15×20	735
5		825				872
6		850				815
7	SKD11	1000	30	空 冷	15×15×20	821
8		1025				826
9		1050				794

注) 1. 保持時間とは設定温度の持続時間とする

次に、試料の大きさによる(質量効果)影響を調べるため、加熱温度を固定し保持時間と試験片の大きさを変えて熱処理を行い、試験片の断面の硬度測定、及び、金属組織の観察を行った。

試験片寸法、及び、保持時間は表3のように各3水準で行った。

表3 実験条件(2) 質量効果、及び測定結果

TP No.	材質	加熱温度(°C)	保持時間(min)	焼入れ方式	試験片寸法	測定結果(HV)
21	SK 3	830	20	油 冷	10×10×20	864
22					15×15×20	826
23					30×30×30	620
24			30		"	852
25						852
26						716
27			40		"	852
28						841
29						798
31	SKS 3	830	20	油 冷	10×10×20	836
32					15×15×20	831
33					30×30×30	775
34			30		"	846
35						860
36						775
37			40		"	850
38						846
39						841
41	SKD11	1030	20	空 冷	10×10×20	807
42					15×15×20	802
43					30×30×30	802
44			30		"	826
45						812
46						793
47			40		"	807
48						802
49						793

最後に、実際の熱処理は、歪とり、靱性向上、型寿命アップのために、焼き戻しを行う。従って、その焼き戻しの影響を調べるため、標準条件で作成した焼入れ材を、焼き戻し温度を5段階で焼き戻しを行い、その影響を試験片断面の金属組織観察と、硬度測定で調べた。試験片寸法は、従って、JIS標準寸法とした。実験条件を表4に示す。

表4 実験条件(3) 焼き戻し、及び測定結果

TP No	材質	加熱温度(°C)	保持時間(min)	焼入れ方式	試験片寸法	焼き戻し温度	保持時間	測定結果(HV)
51	SK 3	830	30	油 冷	15×15×20	100	30	841
52						200		742
53						300		663
54						400		557
55						500		447
61	SKS 3	830	30	油 冷	15×15×20	100		852
62						200		753
63						300		663
64						400		574
65						500		478
71	SKD11	1030	30	空 冷	15×15×20	100		812
72						200		740
73						300		681
74						400		663
75						500		670

3. 実験結果および考察

3. 1 最適焼入れ温度

各鋼種の生材の硬さ測定結果を表5に示す。各材ともHV190~210で生材の時は各鋼種とも大差なく切削性良好な範囲の硬度である。最適加熱温度の実験結果を図1~2に示す。

表5 各鋼種の生材の硬さ(HV)

SK 3	SKS 3	SKD 11
191	199	211

各鋼種とも材質の違いから加熱温度は若干変えてある。SKD11材は他と比べて高めの温度にする必要があるが、SK 3、SKS 3は800°から850°の範囲で行った。

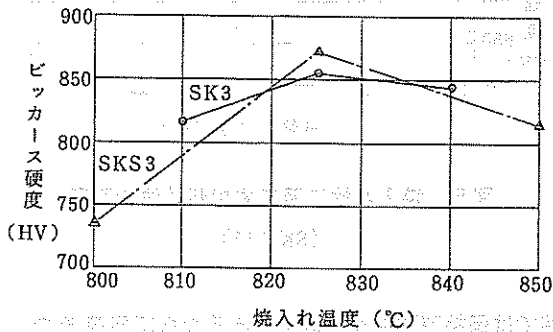


図1 焼入れ温度の違いによる硬さ変化 (SK 3、SKS 3)

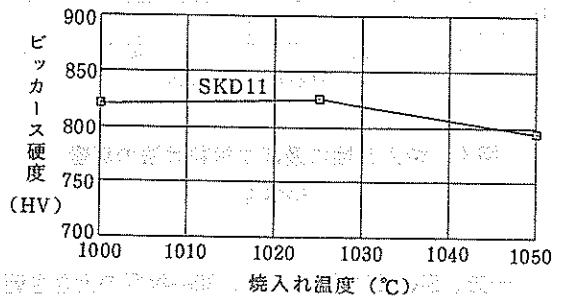


図2 焼入れ温度の違いによる硬さ変化 (SKD11)

各鋼種の最高焼入れ硬さであるが図1～2から見てSK材、SKS材とも825℃近傍で最高硬さHV 850 (HRC66)を生じ、それより温度が高くても又、低すぎても硬さは減少する。従って、SK3、SKS3では焼入れ温度は820～830℃を目標に焼入れ温度を設定した方がよいことがわかる。一方、高合金工具鋼であるSKD11は、その合金成分の関係で加熱温度がSK3、SKS3とくらべて200℃アップの1000～1050℃で実験を行ったが、傾向としては、SK材等と同様あまり高温側になると硬度は低下する傾向を示す。従って、SKD11も同様に1020～1030℃付近が適正な焼入れ温度域と言える。

3. 2 質量効果

つぎに熱処理に及ぼす試料の大きさの影響であるが、各鋼種毎の測定結果を図3～5に示す。鋼種を比較するとその違いはきわめて明瞭である。加熱保持時間が短いとその熱伝達の影響が大きくであるので各鋼種とも20分保持の場合のその試料の断面中央部の硬度を比較することとした。それによると、SK3は、他と比べて、試料の大きさの影響が大きく内部まで焼入れが施されないことがわかる。JIS標準試験体である15mm角の大きさまでは質量効果は少ないと言えるが、それ以上だと加熱保持時間を試料の大きさに応じて慎重に設定しなければならないことがわかる。

SKS3に関してはSK3程ではないが、同様に15mm以上だと板厚の影響は考慮する必要があると思われる。

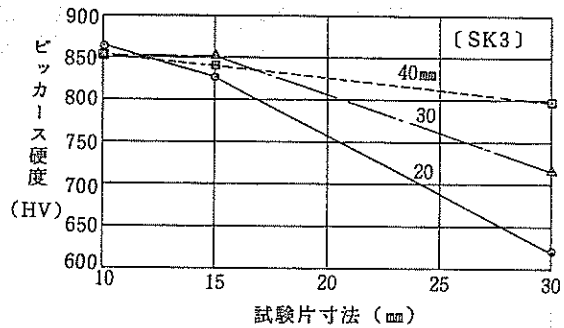


図3 焼入れ性に及ぼす鋼試料寸法の影響 (SK3)

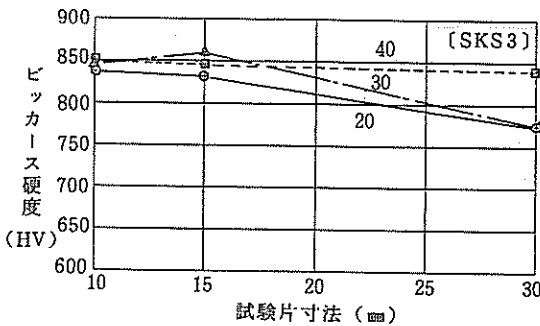


図4 焼入れ性に及ぼす試料寸法の影響 (SKS3)

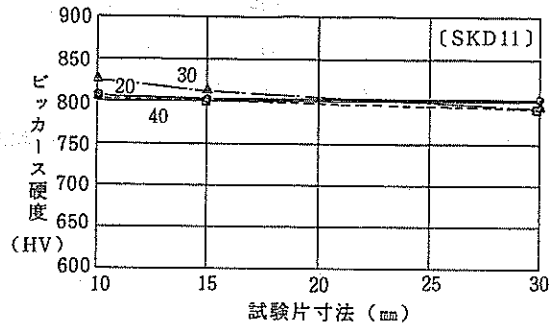


図5 焼入れ性に及ぼす試料寸法の影響 (SKD11)

一方、SKD11に関しては、30mm板厚の大きさ範囲では保持時間も20分以上であるならば何等その影響は少ないことがわかる。従って、形状の複雑な且つ、板厚の差のある試料ではSKD11材のような板厚の影響の少ない鋼種が理想的である。これら試料の、焼入れ組織として、保持時間の短い20分保持の試料断面の顕微鏡写真を写真1に示す。

組織観察結果からも、硬さが想定でき30mm厚の試験片はSK 3、SKS 3 材とも組織的にまだらな様相で十分に焼入れが施されていないことが明瞭である。

一方、SKD11に関しては、十分に焼入れされた組織と何の違いもなく、均一な状態となっており板厚の影響がほとんど無いことがはっきりと観察される。

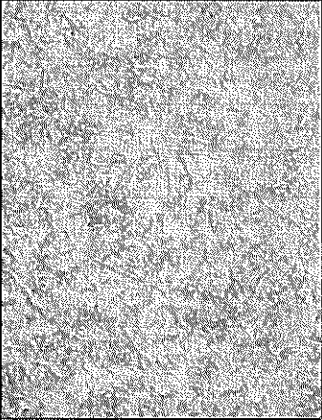
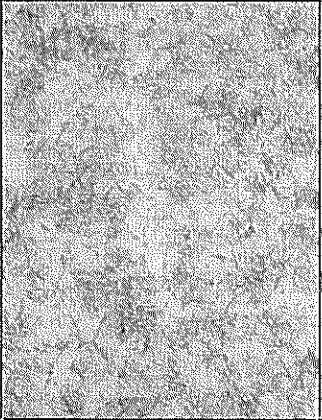

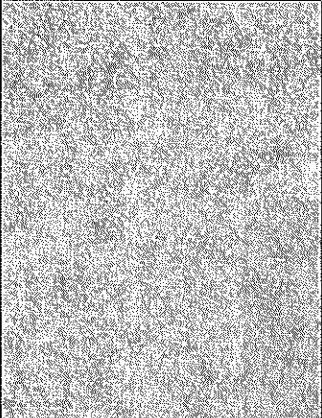
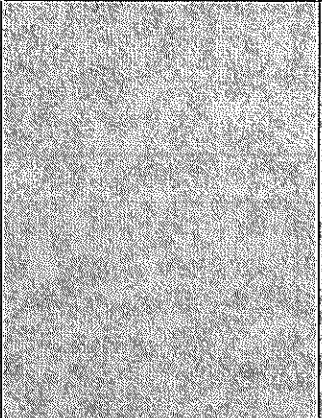

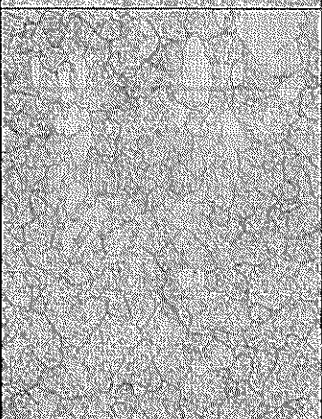
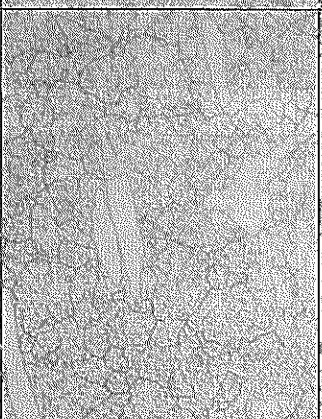
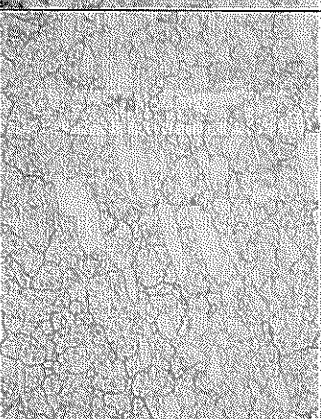
材 質	試 験 片 寸 法		
	小 (10×10×20)	中 (15×15×20)	大 (30×30×30)
SK 3			
SKS 3			
SKD11			

写真 1 断面組織 (20分保持試験片)

(×400)

3. 3 焼き戻し温度

ところで、実際の熱処理は、焼入れのまま使用すると、一般に硬すぎ、よって靱性がなく刃こぼれが生じ易く、実用的でない。従って、必ず焼き戻しを行い、若干の硬度低下はきたすが、靱性回復を行う。そこで、鋼種によりその焼き戻し温度が硬さにどう影響を及ぼすか調べた結果を図6に示す。また、その断面金属組織を写真2～4に示す。比較試料として、各鋼種の焼入れ前の金属組織も同時に示す。これからみると、SK3、SKS3材は、ほぼ同じ傾向で直線的に硬度低下をきたし焼き戻し温度の影響は大きい、また、直線的な低下で焼き戻し温度設定も容易で好都合でもある、従ってこの図を参考に目標硬度の設定も容易である。

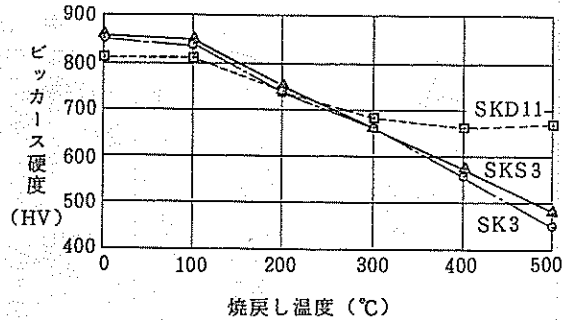


図6 各鋼種の焼き戻し曲線

しかしながら、SKD11材に関しては、焼き戻し温度300～500℃ではそれほどの硬度低下はせずHV700 (HRC60) 近辺で硬度低下がストップする現象となる。一般に言われているSKD材の高温焼き戻し処理と言われているもので、靱性が高く且つ、それに比し、硬度もそれほど低下しない状態を意味するところと思われる。

金属組織から判断すると、SK3、SKS3の生材ではいずれも組織的には球状化セメンタイトの組織を呈し緻密な形態を示している。

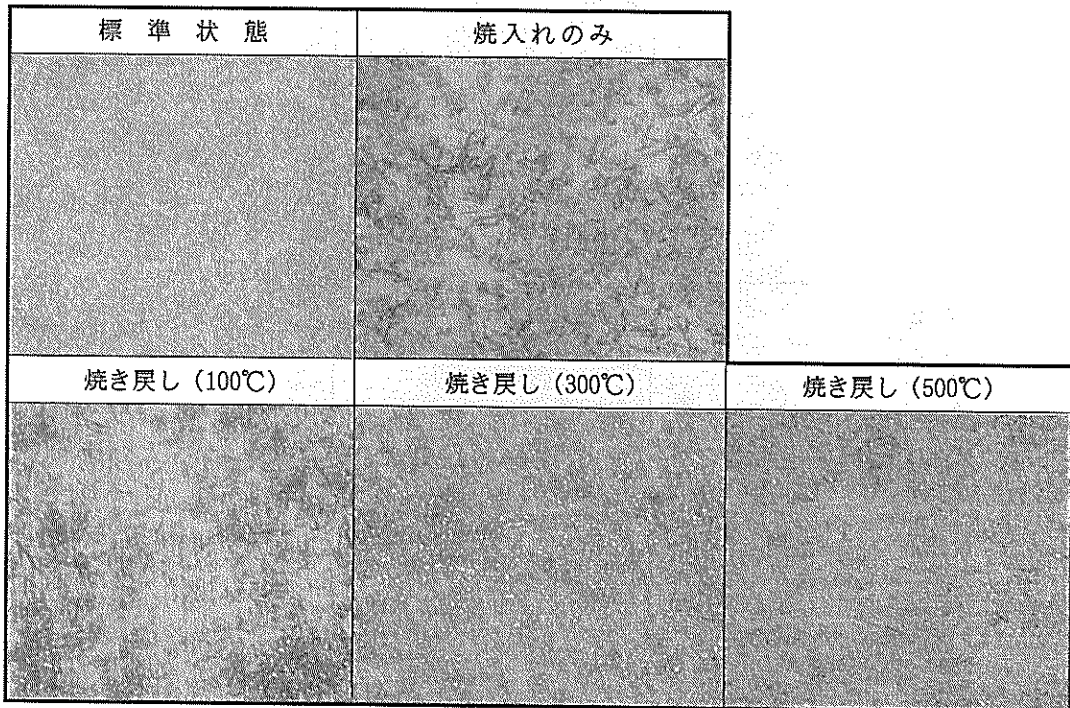


写真2 断面組織 (焼き戻し組織) SK3

(×400)

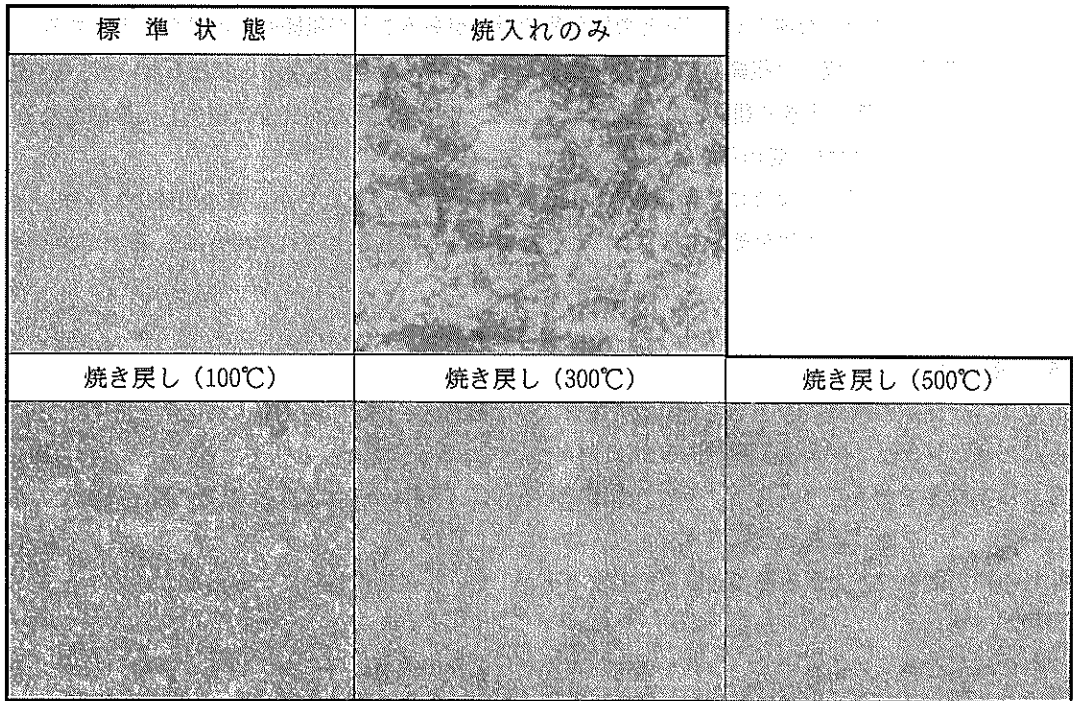


写真3 断面組織 (焼き戻し組織) SKS3

(×400)

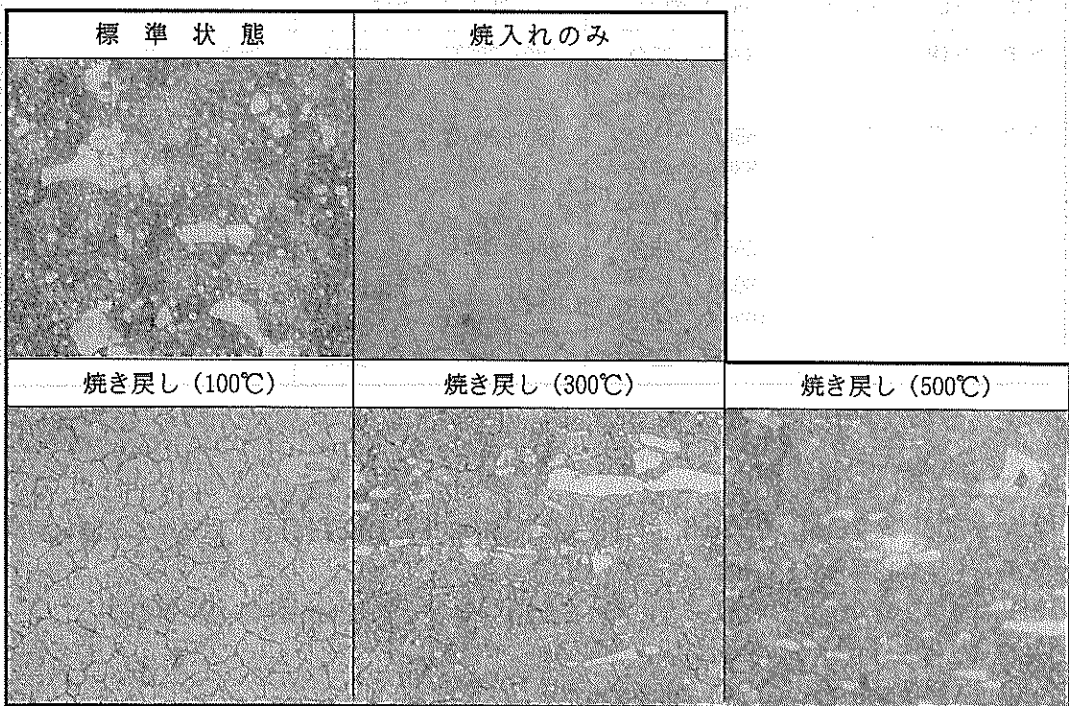


写真4 断面組織 (焼き戻し組織) SKD11

(×400)

SKD11材はそれに大きな塊のCr、Feとの炭化物の析出があることが組織的には異なる点である。

SK 3、SKS 3は、焼入れ組織は焼き戻し100℃までは、焼入れ組織となんら変わらないが、300℃では焼き戻しの影響が大きく組織的にも焼入れマルテンサイトの形態が完全に消失した形態となる、500℃ではほとんど生材と変わらない形態に変化する。

SKD 11材は、写真4のように、組織形態からはその変化はわからないが、基地組織のエッチングの度合によって焼入れ状態かそうでないかがわかる。即ち、焼き戻しされた場合は、基地がエッチングされ易く、黒っぽくなることで判断がつく。

4. 結 言

以上、3種類の鋼種について熱処理の実験を試みた結果、各鋼種の最適焼入れ温度を把握することが出来た。また、炭素工具鋼であるSK 3材については質量効果がきわめて大きい大物の熱処理には不向きであること、且つ、合金工具鋼であるSKD11材については、その熱処理が高温での焼入れというのを除けば熱処理は容易であり、均一に焼入れがることがわかった。かつ、各鋼種の焼入れ組織の観察で、金属組織の形態も把握する事ができ、今後の熱処理に充分活用できるデータの蓄積ができた。

この成果を基に、これまで、指導が弱かった熱処理関連の技術指導に生かしていきたいと考えている。今回行った、3鋼種の熱処理作業標準を以下に示し、まとめとする。

表6 熱処理作業標準

鋼 種	材質名	焼 入 条 件	焼 き 戻 し 条 件	備 考
炭素工具鋼	SK 3	830℃ 30分 油冷	180~200℃ 30分 空冷	硬さ > 60 板厚 < 11mmに適用
合金工具鋼	SKS 3	550 15分	180~200℃ 30分 空冷	硬さ > 60 板厚 < 40mmに適用
		830 30分 油冷		
	SKD11	550 15分	180~200℃ 30分 空冷	硬さ > 60 (耐摩性)
		800 10分		
		1030 30分 空冷	200~250℃ 30分 空冷	硬さ > 58 (耐靱性)

参考文献

- 1) 國吉和男、比嘉眞嗣、石原金盛 「機械金属製造業の技術実態調査報告」沖縄県工業試験場業務報告 Vol.12 (1984) P.145
- 2) 比嘉眞嗣、國吉和男「琉球ガラスにおける金型について」沖縄県工業試験場業務報告 VOL.18 (1991) P.213
- 3) 松本 伸「機械マンのための実用熱処理読本」

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。