

## 新商品紹介

## 高加工性高炭素クロム軸受鋼鋼板（高加工性SUJ2鋼板）

鈴木 雅人\*

High Carbon Chromium Bearing Steel Sheets with High Formability  
(High Formability SUJ2 Steel Sheets)

Masahito Suzuki

## 1. 緒言

高炭素クロム軸受鋼は焼入焼戻しにより、700HV（60HRC）を超える硬さとマルテンサイト中に炭化物が微細に分散した組織が得られ、優れた転がり疲れ強さや耐摩耗性を有することから、主にベアリング部品に使用されている。その中の代表鋼種は、1%C-1.5%Crを含有するSUJ2である。SUJ2は一般に硬質で、プレス成形性に劣るとされており、棒鋼の鍛造品やパイプを切削して部品形状に成形される例が多い。

これに対して、SUJ2鋼板のプレス成形性を向上できれば、量産に適したプレス成形による部品の製造が可能となり、切削工程の省略もしくは簡略化による製造コストの低減が期待される。また、低炭素鋼板を用いたプレス成形品の浸炭焼入れから、SUJ2鋼板を用いた高周波焼入れなどの局部焼入れへの変更による熱処理ひずみの低減の可能性も考えられる。

そこで当社では、鋼成分を変更することなく、焼鈍と冷延を組合せた製造条件の適正化により、プレス成形が可能な高加工性SUJ2鋼板を開発した。以下にその内容を紹介する。

## 2. 特徴

## 2.1 SUJ2鋼板の加工性向上策の考え方

SUJ2の焼鈍鋼板は、軟質なフェライトと硬質な炭化物の2相混合組織を有している。このような金属組織で

は、変形に伴い炭化物を起点としたボイドが生成・連結して破壊に至る。このため、鋼成分を変更することなく、SUJ2鋼板のプレス成形性を向上するには、炭化物の形態制御が重要となる。材料を変形させた際、球状の炭化物に比べて棒状や板状の炭化物は破壊しやすいため、プレス成形の変形限界の向上には炭化物の球状化が必要である。加えて、炭化物の分散間隔が狭い場合、生成したボイドが連結しやすくなるため、変形限界の向上には分散間隔を広げること、すなわち炭化物の粗大化が重要である。

また、軟質化には、炭化物の分散間隔を広げることによる分散強化の低減とフェライト粒径の粗大化による結晶粒微細化強化の低減が有効であり、炭化物の粗大化は軟質化に対しても効果がある。

以上のように、SUJ2鋼板を軟質化し、プレス成形性を向上するには、炭化物の球状化と粗大化が重要である。

SUJ2における炭化物の球状化と粗大化には、 $A_1$ 点以上への加熱を利用した焼鈍が有効である。この焼鈍は、 $A_1$ 点以上の温度域にて炭化物を一部溶解させた後、徐冷して、炭化物が再析出する際にオーステナイト中に残存した炭化物を球状かつ粗大に成長させる熱サイクルである。この焼鈍では、 $A_1$ 点以上の温度域にて、加熱しすぎると残存する炭化物が少なくなり、冷却時にパーライトが生成しやすくなる。逆に、加熱不足の場合には、残存する炭化物の量が多くなり、焼鈍後の炭化物が球状化・粗大化しない。これらの点を考慮したうえで、球状炭化物を従来よりも粗大化する焼鈍技術を開発した。また、この焼鈍では、母相のフェライトを一度オ

\*鋼材研究部 鋼材第二研究チーム

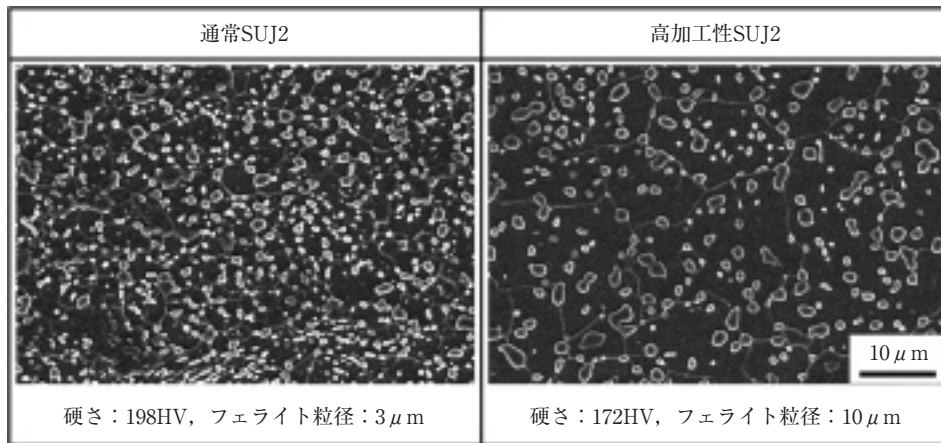


図1 SUJ2焼鈍鋼板の金属組織と硬さ  
Fig. 1 Microstructures and hardness of annealed SUJ2 steel sheets.

ーステナイトに変態させて、集合組織をランダム化することにより、深絞り性の低面内異方性を付与することも考慮している。さらに、冷延率を適正化し、前述の焼鈍を施すことにより、軟質で深絞りなどのプレス成形が可能な高加工性SUJ2鋼板を開発した。以下に、その特徴を示す。

## 2.2 金属組織と機械的性質

SUJ2焼鈍鋼板の金属組織と硬さの例を図1に示す。高加工性SUJ2鋼板では、通常SUJ2鋼板に比べて球状炭化物が粗大であり、フェライト粒径も大きい。このため、高加工性SUJ2鋼板は通常SUJ2鋼板に比べて、硬さが30HV程度低く、非常に軟質である。

焼鈍鋼板の機械的性質の例を表1に示す。自動車・機械部品に使用されている0.35%C鋼のS35C、刃物などに広く使用されている0.85%C鋼のSK85および加工後に浸炭焼入れを施すことによりベアリング部品としても用い

表1 焼鈍鋼板の機械的性質

Table 1 Mechanical properties of annealed steel sheets

	硬さ (HV)	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	全伸び (%)
高加工性SUJ2	172	329	565	35
通常SUJ2	198	495	628	30
S35C	137	354	457	37
SK85	175	410	559	33
SCM415	133	233	402	38

られている0.15%C鋼のSCM415の引張特性もあわせて示す。引張試験には板厚1mmのJIS5号引張試験片を用いた。高加工性SUJ2鋼板は、通常SUJ2鋼板に比べて、高い全伸びを有している。また、高加工性SUJ2鋼板はSCM415よりも硬質であるが、SK85鋼板と同等の硬さを有し、全伸びはSK85鋼板よりも高い。

## 2.3 プレス成形性

ここでは、板厚1mmの焼鈍鋼板を用いて、穴抜き試験、r値測定および深絞り試験を行った結果を紹介する。

### 2.3.1 穴抜き性

図2に焼鈍鋼板の穴抜き率の例を示す。穴抜き試験では、直径10mmの打抜き穴を有する試験片を用い、直径

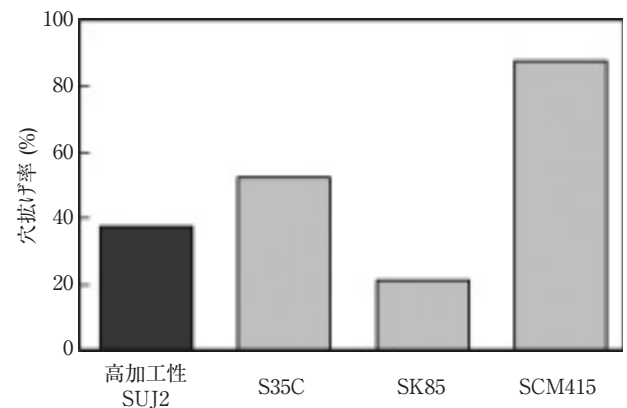


図2 焼鈍鋼板の穴抜き率  
Fig. 2 Hole expansion ratio of annealed steel sheets.

40mmで肩R5mmの平頭パンチを使用した。高加工性SUJ2鋼板の穴抜け率は、S35C鋼板よりも低いが、SK85鋼板の約2倍である。

### 2.3.2 深絞り性

焼鈍鋼板の $r$ 値を図3に示す。 $r$ 値はJIS5号引張試験片を用いて、15%伸びひずみを加えた際の板幅変化より求めた。高加工性SUJ2鋼板の平均 $r$ 値は、SCM415鋼板に比べて若干低いが、S35C鋼板およびSK85鋼板と同等である。また、高加工性SUJ2鋼板は各方向の $r$ 値の差が小さく、 $\Delta r$ 値は0に近い値を有しており、他の焼鈍鋼板に比べて $r$ 値の面内異方性が非常に小さい。これは、前述したように $A_1$ 点以上への加熱を利用した焼鈍により、集合組織がランダム化したためと考えられる。

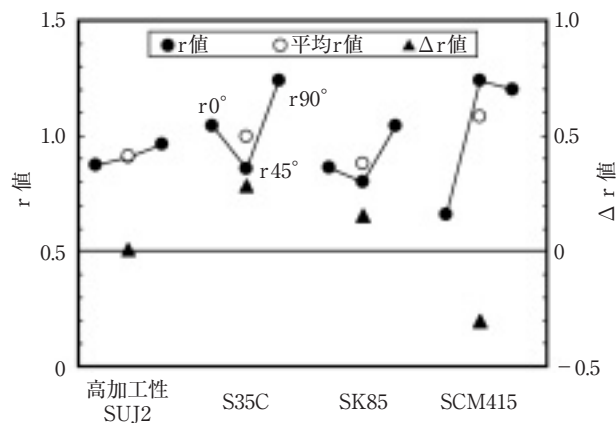


図3 焼鈍鋼板の $r$ 値

Fig. 3 r-value of annealed steel sheets.

焼鈍鋼板の限界絞り比を図4に示す。限界絞り比は、直径40mmのパンチおよび直径42.5mmのダイスを用いたブランクの直径を変化させた深絞り試験により求めた。高加工性SUJ2鋼板の限界絞り比は2.1であり、SK85鋼板およびSCM415鋼板と同等である。

### 2.3.3 深絞り成形品の形状

直径40mmのパンチおよび直径42.5mmのダイスを用いた深絞り成形品の外観を図5に示す。ブランクの直径は限界絞り比の84mmである。前述のように、高加工性SUJ2鋼板においても、SCM415鋼板と同様に絞り比2.1の深絞り成形が可能である。また、 $r$ 値の面内異方性が小さい高加工性SUJ2鋼板では、成形品における円周方向の縦壁高さの変動が非常に小さい。

直径80mmのブランクを絞り比2.0で深絞りした成形

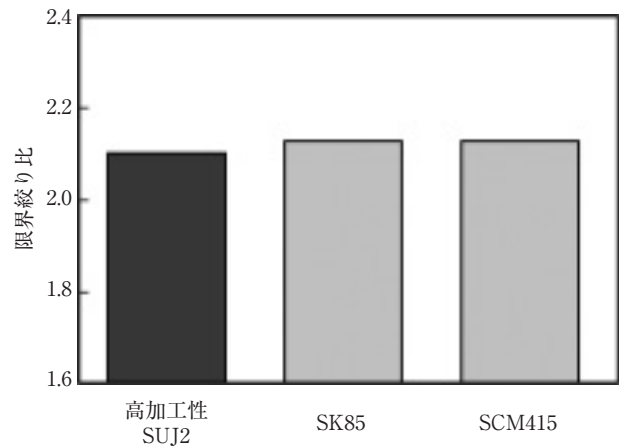


図4 焼鈍鋼板の限界絞り比

Fig. 4 Limiting drawing ratio of annealed steel sheets.

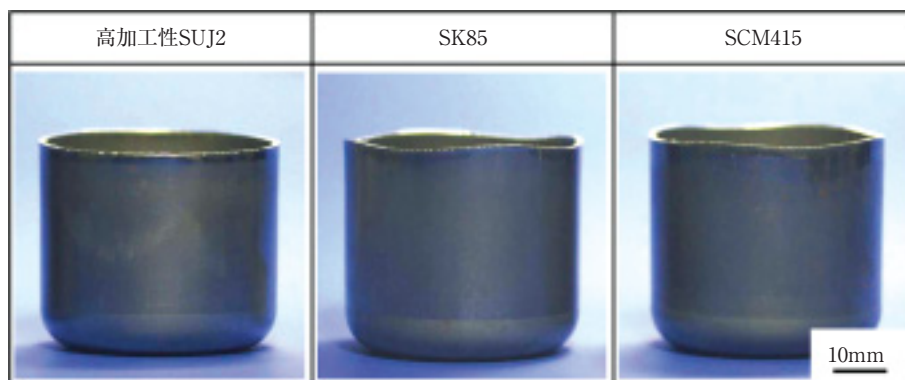


図5 深絞り成形品の外観

Fig. 5 Appearances of deep drawn cups.

品の円周方向の板厚変化を図6に、半径変化を図7に示す。なお、測定位置はカップ底から25mmの縦壁部である。高加工性SUJ2鋼板では、円周方向の板厚変化や半径変化がSCM415鋼板に比べて小さい。また、SCM415鋼板では真円度は0.05mmであるのに対して、高加工性

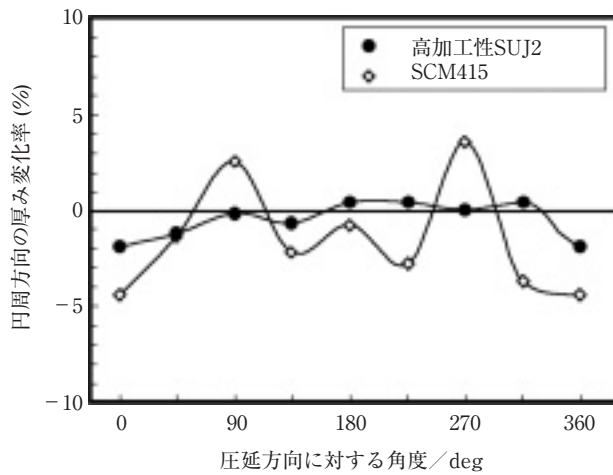


図6 深絞り成形品の厚み変化  
Fig. 6 Deviation in thickness of deep drawn cups.

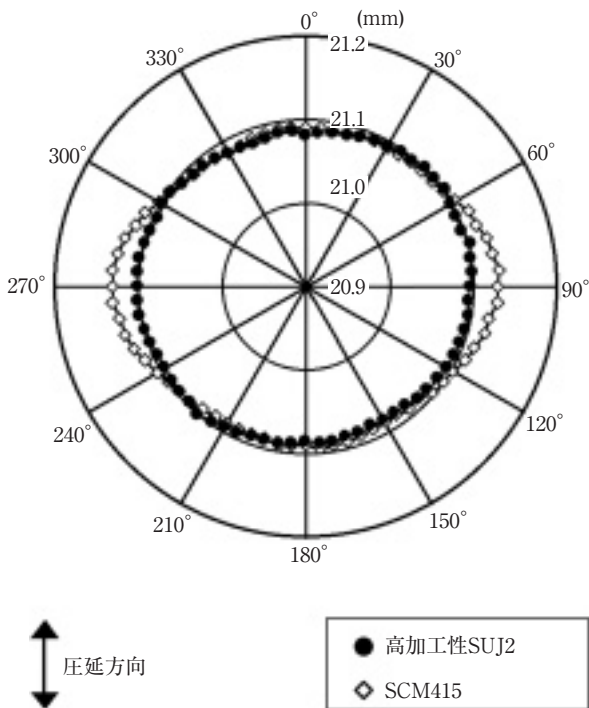


図7 深絞り成形品の半径変化  
Fig. 7 Deviation in radius of deep drawn cups.

SUJ2鋼板では0.02mmと非常に小さい。

以上のように、高加工性SUJ2鋼板はSCM415鋼板と同程度の深絞り成形が可能であり、かつ成形品の寸法精度は良好である。したがって、機械部品の製造に際して、高加工性SUJ2鋼板を用いたプレス成形を適用することにより、切削工程を省略もしくは大幅に簡略化でき、製造コストの低減が期待できる。

2.4 熱処理特性

高加工性SUJ2鋼板では、図1に示したように球状炭化物の粗大化により、加工性の向上を図っている。このため、焼入れ加熱時の炭化物の溶け込み不足による調質硬さの低下が懸念される。そこで、高加工性SUJ2鋼板と通常SUJ2鋼板の焼戻硬さを調査した結果を図8に示す。この図は、830℃にて30min加熱して、油中に焼入れた後、各温度にて60minの焼戻しを施した鋼板の表面硬さを示している。高加工性SUJ2鋼板と通常SUJ2鋼板の焼戻硬さは、同一条件では同等の値を示しており、かつ旧オーステナイト粒径も同等である。このように、高加工性SUJ2鋼板は通常SUJ2鋼板と同等の熱処理特性を有している。

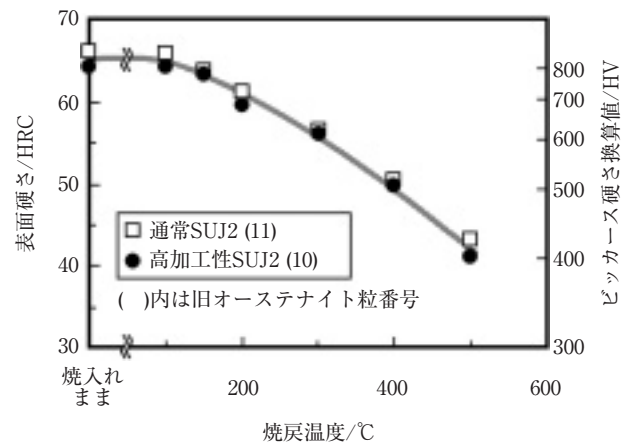


図8 SUJ2鋼板の焼戻硬さ  
Fig. 8 Tempered hardness of SUJ2 steel sheets.

### 3. 結 言

高加工性SUJ2鋼板はJIS G 4805に規定されている鋼成分を変更することなく、金属組織の適正化により加工性向上を図った鋼板である。高加工性SUJ2鋼板は、通常SUJ2鋼板に比べて軟質であり、SK85鋼板と同等以上の全伸びや穴拡げ性、SCM415鋼板と同程度の深絞り性を有している。

SUJ2の棒鋼やパイプの切削により成形されているベアリングなどの機械部品に関して、SUJ2鋼板を用いたプレス成形への加工方法の変更により、鋼種変更することなく、製造コストの低減が期待される。また、SCM415などの低炭素鋼板を用いたプレス成形品の浸炭焼入れから、SUJ2鋼板を用いた高周波焼入れなどの局部焼入れへの変更により、製造コストや熱処理ひずみの低減の可能性がある。