特集 17　—研究速報—　UDC 669.35'5-486：621.914

せん断型チップ発生を利用した旋削による黄銅短繊維の製造

Production of Short Length Brass Fiber by Utilizing Shear-Type Chip Formation in Machining

中川威雄*・鈴木　清**・小山浩幸***

Takeo NAKAGAWA, Kiyoshi SUZUKI and Hiroyuki KOYAMA

1. はじめに

金属繊維は高弾性率，高い耐摩耗性，電気および熱の良導性および良好なぬれ性と焼結性等，有機および無機繊維にない種々の特徴を有している．このため複合材料用基材および繊維冶金用原料としての用途が見込まれている．しかしながら，在来の金属繊維は一般に引抜きによって作られているため，細線にするまでに非常に多工程を必要とする．したがって金属繊維の価格は極めて高く，そのためその使用範囲は限られたものとなっている．

筆者らは，これまでに繊維補強コンクリート用の鋼繊維をフライス切削により製造する方法[1]を開発したが，この経験を基に，今回これをさらに発展させ黄銅短繊維を旋削加工により製造する方法を考えた．

2. 旋削による黄銅短繊維製造法

4－6黄銅では，切削条件により図1(a)に示すようにせん断型のチップが生ずることはよく知られている．このチップはせん断変形面に沿って分離されるため，台形の断面形状と，切込み深さに相当する長さを持つ針状のチップとして排出される．このチップは視点を変えれば図1(b)のように金属短繊維そのものとみなすことができる．本研究の主眼はこのような旋削におけるせん断型チップの発生現象を利用して繊維を製造し，繊維の諸特性と製造条件の関係を明らかにすることにある．

3. 黄銅短繊維製造実験

繊維製造実験にはせん断型のチップが生じ易いと思われる快削性4－6黄銅棒（C 3604 BE）を主として使用したが，被削材の影響を調査する目的で鍛造用黄銅棒（C 3771 BE）も用いた．それらの成分分析値および機械的性質を表1に示した．

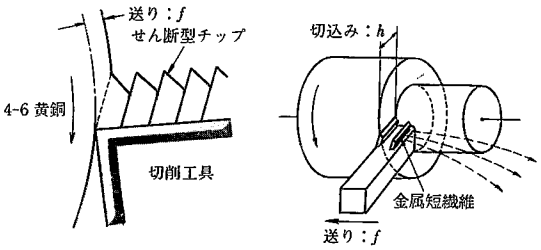
繊維製造実験は，数種のすくい角（$\gamma=-40°\sim10°$）を持つP種超硬バイトにより切削速度（$V=86\sim276$ m/min）を変えて旋削した．切込み深さ（≒繊維長さ：L）は $h=5$mm で一定としたが，送り量を $f=0.021\sim0.306$ mm/rev に変化させ種々の断面積（太さ）の繊維を得た．

4. 実験結果および考察

4.1 黄銅繊維製造条件

a）切削条件の影響

図2に切削工具のすくい角と送りおよび切削速度に関して繊維の製造可能領域を示す．斜線に囲まれた領域ではチップの分離が完全に起こり，図3のような繊維が得られる．すくい角が極度に負に大きく，かつ送りも大きい領域では図4に示すような鋸歯状チップとなり，また



（a）せん断型チップの生成　（b）金属短繊維の製造法

図1　旋削による金属短繊維の製造法

表1　繊維原料の成分と引張試験値

供試材	化学成分（%）					引張試験値		
	Cu	Pb	Fe	Fe＋Sn	Zn	引張強さ(kg/mm²)	伸び(%)	絞り(%)
快削黄銅棒(C3604BE)	58.78	2.98	0.23	0.30	37.71	38.4	23.6	25.2
鍛造用黄銅棒(C3771BE)	58.83	1.76	—	0.48	38.93	36.9	44.9	55.8

*東京大学生産技術研究所　複合材料技術センター，第2部
**東京大学生産技術研究所　第2部
***芝浦工業大学

すくい角が大きいか送りが f<0.05 mm/rev のように小さすぎても流れ型のチップとなり繊維状チップは生成されない．

繊維生成域は切削速度が速いほど狭くなるが，これは速度の増加によって素材の破断ひずみが増大しチップが分離し難くなるためであろう．また切削時に大きな静水圧成分の作用する負のすくい角の領域でも繊維生成域が減少している．

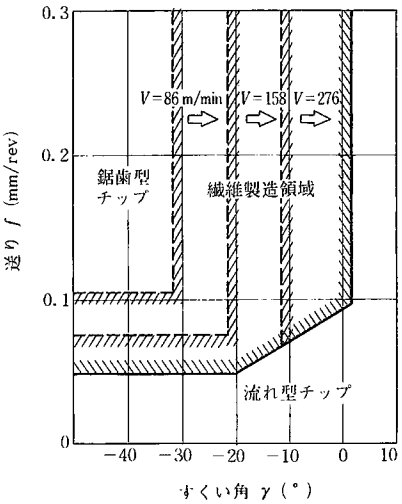


図2　繊維製造可能領域（快削黄銅）

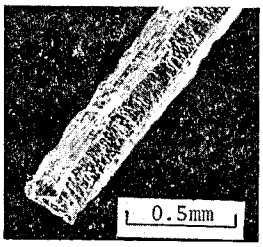


図3　黄銅繊維の拡大写真（快削黄銅）

b）被削材質の影響

図5は，ほぼ同一成分の黄銅棒を同一条件で切削し，繊維生成域を比較した結果であるが，鍛造用黄銅では快削黄銅に比して生成域は明らかに減少している．この差異は被削性を決めるといわれる Pb の含有量の差によるものと考えられる．

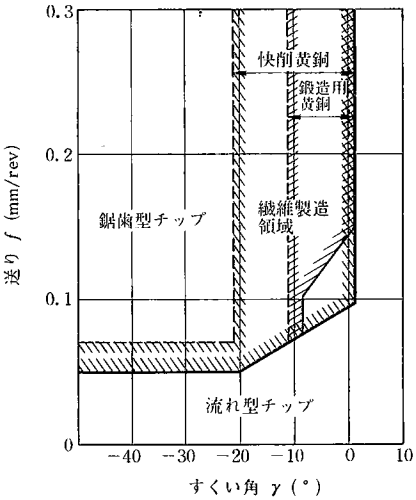


図5　繊維製造領域に及ぼす材質の影響（V = 158 m/min）

表2　各種銅合金の旋削による繊維製造域
（○印可，×印不可）
（すくい角：$\gamma=-20°$，切削速度：$V=80\sim150$ m/min）

供試材＼送り f (mm/rev)	0.05	0.07	0.10 ～ 0.30
7 − 3 黄銅	×	○	○
砲金	×	○	○
鉛青銅鋳物	×	×	○
銅	×	×	×
高力黄銅	×	×	×

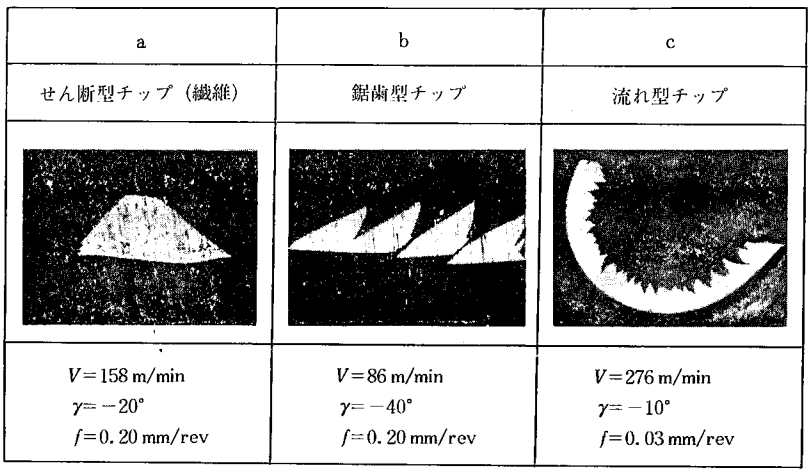


図4　チップ断面形状（快削黄銅）

またこの方法は，同種の切屑形態をとる他の金属材料についても適用可能と考えられる．そこで数種の銅合金を選定し，繊維製造実験を行ってみた．表2に結果を示すように，7－3黄銅，および砲金等でも繊維は製造できたが，延性の高い純銅は製造できなかった．

4.2　黄銅繊維の断面積

図6および図7に黄銅繊維断面積に及ぼす切削条件の影響を示す．送りfを減少させれば，ほぼそれに比例して繊維断面積も減少する．f＝＜0.05mm では前述のように繊維が生成されず，全て流れ型のチップとなっている．図示した条件下で得られた繊維の最小断面積は $A=0.003\,mm^2$（換算直径＝62μm）である．同一送りでも切削速度が速いほどまたすくい角が負に大きいほど断面積は大きくなる．この現象は切削熱による軟化と静水圧成分の増大によって被削材の破断ひずみが増大し，繊維の分離時期が遅れるためと考えられる．

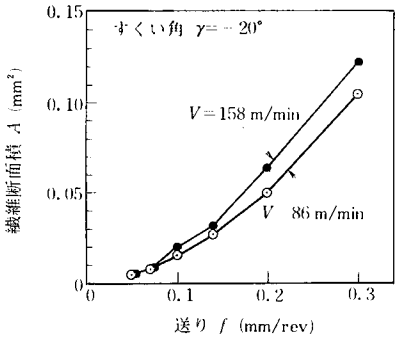


図6　繊維断面積に及ぼす送りの影響（快削黄銅）

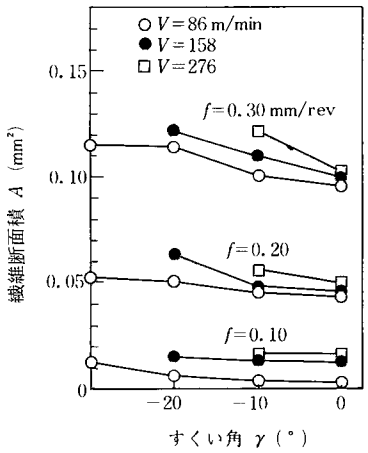


図7　繊維断面積に及ぼすすくい角の影響（快削黄銅）

4.3　黄銅繊維の断面形状

繊維の基本断面形状は台形であるが，切削条件によって，その形状は若干変化する．図8に断面各部の寸法と切削条件の関係を示したが，すくい角が負に大きくなるほど上底の幅が減少し，下底が増大する．これはすくい角が負に大となるほど，せん断角 ϕ が小になることで説明できよう．またこの傾向は切削速度が遅いほど，送りが大きいほど，顕著にあらわれた．

4.4　黄銅繊維の強度

図9に繊維強度と断面積の関係を示す．繊維が極めて細いため引張り強度にかなりのバラツキが認められたがほぼ母材並の強度が得られている．フライス切削による鋼繊維のような強度上昇を示さないのは，繊維材質が脆いこと，および繊維の絶対寸法が小さくその割に切欠きの程度が大きいことによるものであろう．

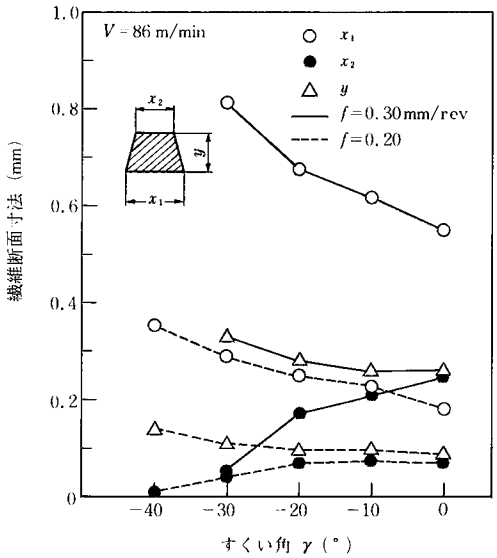
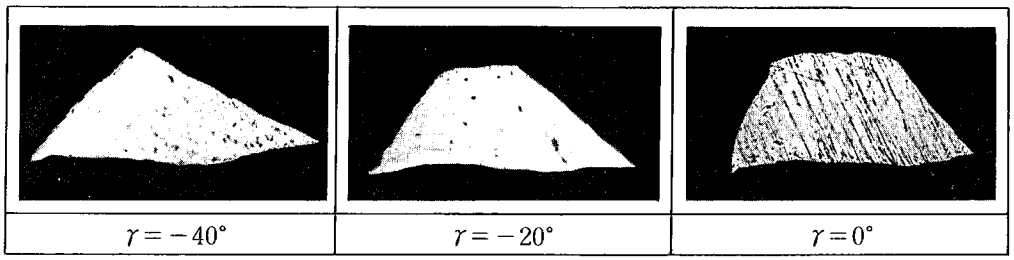


図8　（b）繊維断面形状と切削条件の関係



（V＝86 m/min，f＝0.10 mm/rev）

図8　（a）繊維断面形状（快削黄銅）

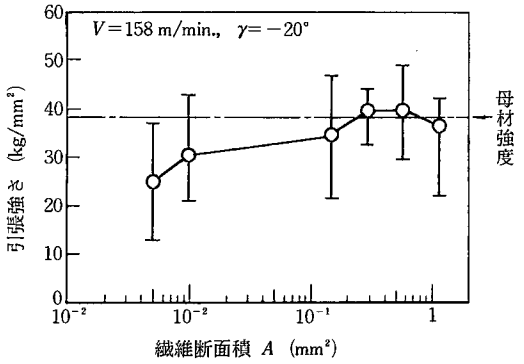


図9　繊維の引張強度（快削黄銅）

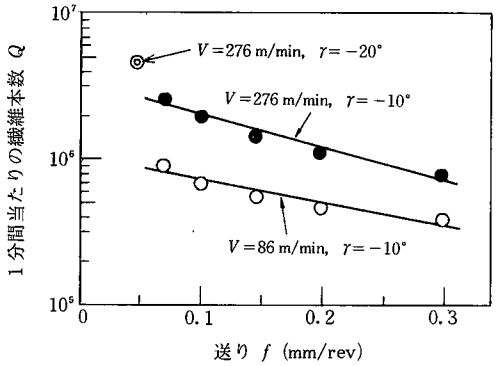


図10　黄銅繊維の生産性（快削黄銅）

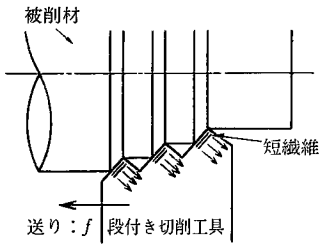


図11　段差をつけた切削工具による短繊維の製造

4.5　黄銅繊維の生産速度

繊維径を細くすれば，単位時間当たりの繊維生産重量は低下する．しかし，繊維径が細くなるほど生産本数は増える．図10は1分間当たりの生産本数を示したものである．f＝0.05mm/rev すなわちA＝0.0042 mm² の繊維では1分間に約360万本の生産が可能であった．ちなみにフライス切削法による鋼繊維では，せいぜい1万本／分であり，本数だけで比較すれば約360倍の効率を有しているといえよう．また図11に示す如く切削工具に段差を設ければより生産性を向上できる．

5. おわりに

切削におけるせん断型チップの生成機構を利用して，旋削により効率よく黄銅短繊維が製造できることを明らかにした．この繊維は安価な原料より直接製造されるため，原材料と大差ない価格で供給できる点が最大の特徴であろう．これまで製造できた最小径は換算直径で 60μm である．繊維長さはたとえば 0.5 mmのような粉末状のものから，30 mm 以上のかなり長いものまで製造可能であった．またこの方法によれば，単に黄銅や銅合金ばかりでなく，せん断型チップを発生させることができる材料では，どんな材料でも短繊維の製造が可能である．この繊維の用途としては，複合材料[2),3)]用ばかりでなく，多孔質焼結体用[4)]としても使用できることがわかっている．

おわりに実験に協力いただいた本学野口裕之技官，芝浦工大学生福田博隆君に，また実験装置に関してご協力いただいたアイシン精機(株)に厚くお礼申し上げます．

（1980年1月16日受理）

参 考 文 献

1）T. NAKAGAWA et al : New Manufacturing Process of Steel Fiber for Reinforced Concrete, Proc. of the 1978 Int'l Conf. on Composite Materials (ICCM/2), (1978.4), 189−208
2）中川，鈴木，山田，今尾：黄銅短繊維を混入したブレーキ材料の特性，第5回複合材料シンポジウム講演論文集 (1979.10), 72〜75
3）中川：切削による金属短繊維とその複合材料への応用，第19回生研講習会テキスト，(1979.12), 173〜192
4）中川，鈴木，小山：黄銅繊維の多孔質焼結体，昭和54年度秋季粉末冶金大会講演概要集，(1979.10), 64〜65