

難削材料の平面研削加工における高精度平面の確立 (第1報)

—Ni基合金の適正加工条件とデータベース化—

藤原利徳・西村通喜・大柴勝彦

The Establishment of High Precision Surface Grinding for Difficult -to-cut Materials (1st report)

-The Database of Machining Conditions for Ni-based Superalloy-

Kazunori FUJIHARA, Michiyoshi NISHIMURA and Katsuhiko OSIBA

要 約

ニッケル基合金（インコネル625およびハステロイC-22）をダイヤモンド砥石（SD）とCBN砥石（B）を用いて、平面研削加工を行った結果、研削抵抗値（ F_z ）はどの加工条件においてもCBN砥石に比べダイヤモンド砥石の方が小さな値であり、ダイヤモンド砥石の場合は、砥石集中度が高くなるほど研削抵抗値は小さくなる傾向を示したが、CBN砥石の場合はダイヤモンド砥石とは逆に砥石集中度が高くなるに従い研削抵抗値は大きくなる傾向であった。

また、加工後の砥石表面の観察で、ダイヤモンド砥石は砥粒先端に多少の摩耗が見られたが、CBN砥石はダイヤモンド砥石と比べ摩耗量は大きく、砥粒表面には被削材料の凝着が見られた。

このようにニッケル基合金を研削加工するには、ダイヤモンド砥石の方が研削抵抗値、砥石摩耗などから有用性の高いことが分かった。

1. 緒 言

近年、光通信機器や真空機器部品において、その性能が高まるとともに耐熱性や耐食性に優れるインコネル、ハステロイ、コバルやチタンなどの材料が用いられてきている。

これらの材料は一般的に難削材料と呼ばれ高融点金属であり高温強度が高く熱伝導度は低く、さらには高靱性であり工具との親和性が高いなどの特徴を有し、被削性は悪い材料である。

これらの材料を用いた切削加工分野では加工条件、工具選択、工具摩耗や加工表面粗さの情報や¹⁾(独)産業技術総合研究所が中心となった難削材料切削加工データベースなどがあるが²⁾、研削加工の分野における加工情報はほとんどなく、各方面においても十分な研究がなされていないのが実状である。

そこで、本研究では平面研削盤を用い難削材料の中でもインコネルとハステロイを対象に、平面研削加工における加工条件の確立と加工データベース化を目的に、研削抵抗、表面粗さ、砥石摩耗などについて検討した。

2. 実験方法

本研究に用いた被削材料は、一般に市販されているインコネル622とハステロイC-22を30×30×10mmにそれぞれ

れ切り出した材料を用いた。

研削加工実験は、精密平面研削盤（ユング社製JF520型）のテーブル面に研削動力計（キスラー社製 Type9257B）を取り付け、被削材料を同研削動力計に固定しプランジ研削を行った。

表1に使用した砥石を、表2に研削加工条件を示す。

表1 使用した砥石の種類

ダイヤモンド砥石	CBN砥石
SD170N100B	B170N100B
SD170N75B	B170N75B
SD170N50B	B17050B
砥石外径：200mm，砥石幅：10mm	

表2 研削加工条件

砥石周速度 (m/sec)	15, 20, 25
テーブル送り速度 (m/min)	10, 15
切込量 (μm)	5 (一定)
パス数 (回)	30 (合計150 μm)

評価の方法としては、研削抵抗値(Fz)の測定、研削加工前後の砥石表面のSEM観察、研削加工後の被削材料の表面粗さ測定およびSEM観察などで評価した。

3. 結果及び考察

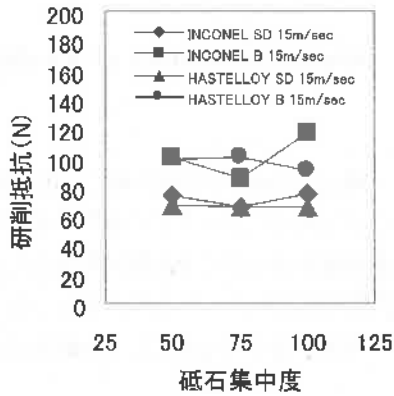
3-1 砥石集中度と研削抵抗

表1に示した砥石集中度の異なる砥石を用いて、砥石周速度およびテーブル送り速度をパラメータとし、それぞれ加工条件を可変させながら加工したときの研削抵抗

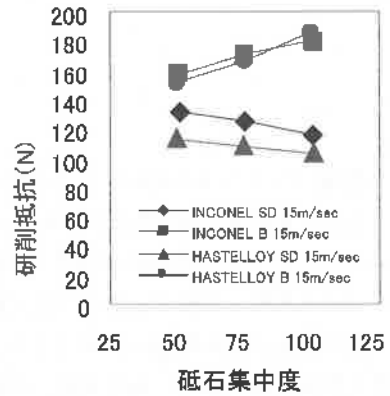
値を測定した。その結果を図1および図2に示す。

図1はテーブル送り速度10m/minにおける砥石集中度と研削抵抗値の関係を示す。

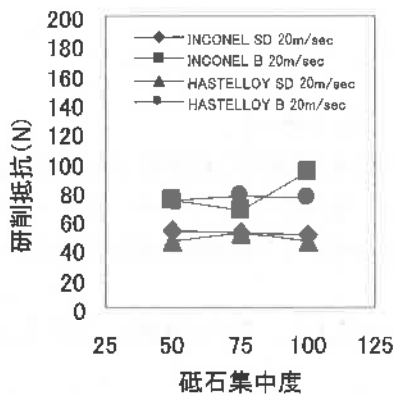
図から、どの被削材料においても砥石周速度が高くなると、研削抵抗値は低くなる傾向が認められた。またダイヤモンド砥石とCBN砥石を比較すると、被削材料に関係なくダイヤモンド砥石の方が研削抵抗値は低い値を示し、また砥石集中度が変化してもほぼ一定の値を示すことが確認できた。一方、CBN砥石の場合は砥石集中



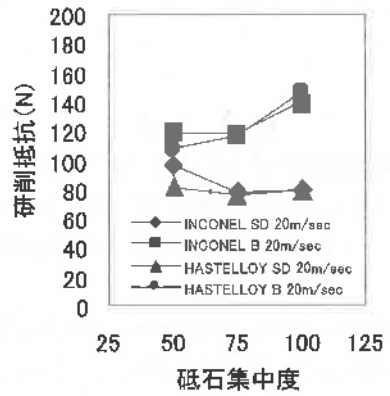
(A) 砥石周速度:15m/sec



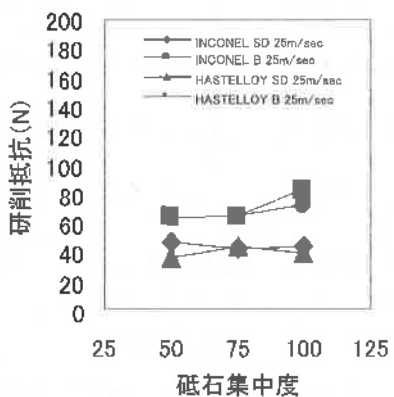
(A) 砥石周速度:15m/sec



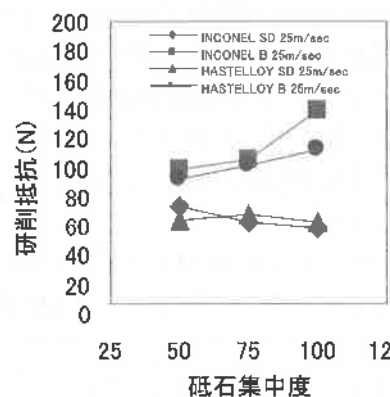
(B) 砥石周速度:20m/sec



(B) 砥石周速度:20m/sec



(C) 砥石周速度:25m/sec



(C) 砥石周速度:25m/sec

図1 砥石集中度と研削抵抗
(テーブル送り速度:10m/min)

図2 砥石集中度と研削抵抗
(テーブル送り速度:15m/min)

度が高まると研削抵抗値はバラツキがあるものの僅かに上昇する傾向を示した。

図2はテーブル送り速度15m/minにおける砥石集中度と研削抵抗値の関係を示す。

テーブル送り速度10m/minの場合と比べどの研削加工条件においても、研削抵抗値は約1.5倍程度の高い数値を示し、またダイヤモンド砥石とCBN砥石の研削抵抗値を比較すると差が明確に表れ、ダイヤモンド砥石の場合は砥石集中度が高まるにともない研削抵抗値は減少するのに対し、CBN砥石の場合は砥石集中度が高まるとともにほぼ直線的に増加する傾向を示した。

特に図2のA図で砥石集中度が100の研削条件の場合、ダイヤモンド砥石が約110Nであるのに対し、CBN砥石の場合は約180Nとなり約1.5倍の値を示した。これは、テーブル送り速度に比例して増加しており、同一の砥石周速度であれば1回転当たりの研削除去量が増加したためと考えられる。

さらに図1、図2からも明確な様にテーブル送り速度が10m/minおよび15m/minの場合においても、砥石周速度が速くなるにともない研削抵抗値は低下する傾向を示した。

これは、上記とは逆に1回転当たりの研削除去量が小さくなるためと考えられる。

3-2 砥石集中度と表面粗さ

図3に砥石集中度と表面粗さ(Ra)の関係を示す。

研削加工後の被削材料の表面粗さは、研削加工条件およ

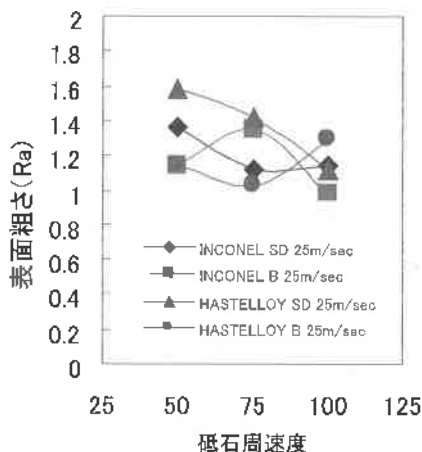
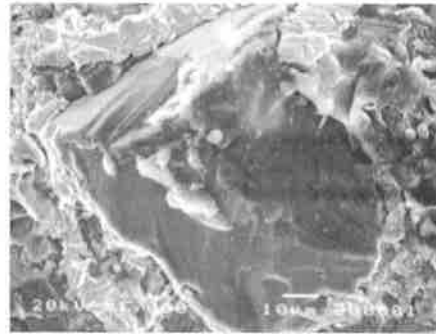


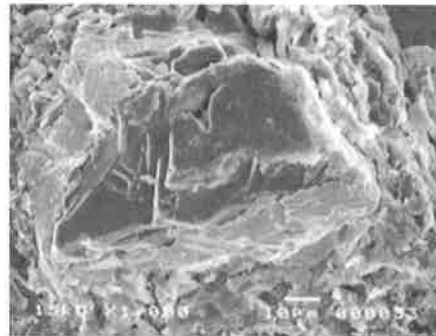
図3 砥石集中度と表面粗さ (Ra)
 テーブル送り速度：10m/min
 砥石周速度：25m/sec

び被削材料に関係なくほぼ同様な傾向を示し、約1.0~1.6 μm 程度の範囲であったが、砥石集中度が高まるに従い僅かではあるが表面粗さが向上する傾向を示した。

これは砥石の集中度が高まると、砥石に含まれる砥粒が増えることにより切れ刃が増加し、表面粗さの向上につながったものと考えられる。

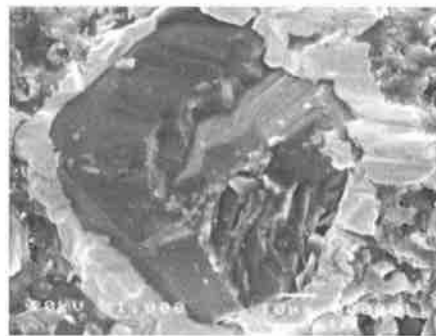


研削加工前

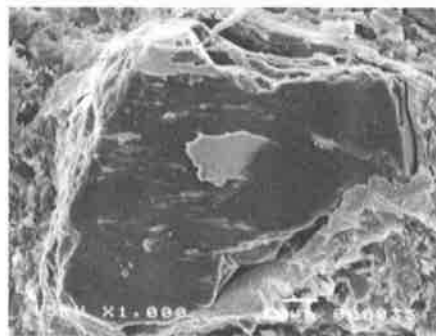


研削加工後

ダイヤモンド砥石 (SD170-75)



研削加工前



研削加工後

CBN砥石 (B170-75)

図4 研削加工前後の砥石表面SEM観察結果

3-3 砥石の表面観察

使用した砥石の研削加工前と研削加工後の砥石表面のSEM写真を図4に示す。

ダイヤモンド砥石の場合、研削加工後でも砥粒は切れ刃の存在が明確に確認できるが、CBN砥石の場合は砥粒の先端摩耗が激しく、その表面は平坦となり切れ刃は確認することができなかった。

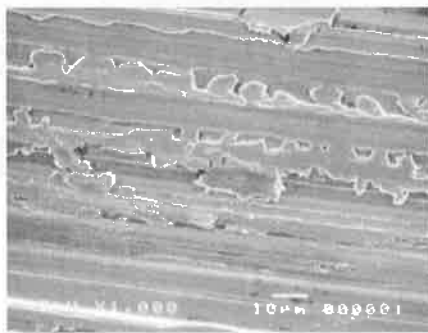
さらにCBN砥石の場合は、砥粒の摩耗面に被削材料の凝着が認められ、図1、2に示した研削抵抗値が上昇した要因と考えられる。

また、被削材料であるインコネルやハステロイは韌性及び刃物である砥粒との親和性も高く、切れ刃の摩耗したCBN砥石には特に凝着が進行したのと考えられる。

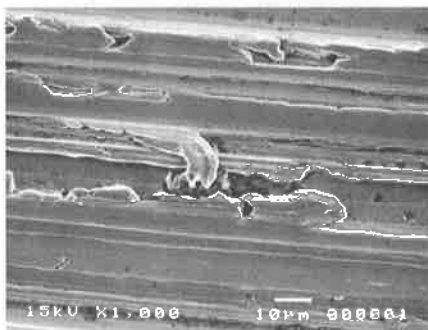
3-4 研削加工後の被削材料SEM観察結果

研削加工後の被削材料のSEM観察結果を図5に示す。

図はダイヤモンド砥石：170番、砥石集中度：75、テーブル送り速度：15m/min、砥石周速度：25m/secで研削加工した後のSEM観察結果である。



インコネル研削加工面



ハステロイ研削加工面

図5 研削加工後の被削材料SEM観察結果

図からも明らかなように、研削加工表面には砥粒が加工した条痕と切り残したバリの発生が確認できる。

砥粒と被削材料が接触した部分は、延性モードでの加工が行われており、これは被削材料の韌性が高いためと考えられる。また、砥粒と被削材料が接触した周辺には

切り残されたバリが約10~15 μ m程度の幅で発生しており、研削抵抗値を大きくしている要因と推察される。

さらに、これらバリの存在が研削加工後の表面粗さの悪化を促進しているものと考えられる。

4. 結言

難削材料の中でもニッケル基合金（インコネル625、ハステロイC-22）の研削加工条件の確立に向け実施した結果、次のことが明らかとなった。

①研削抵抗値について

- ・ダイヤモンド砥石の方がCBN砥石に比べ、研削抵抗値は小さな値を示した。
- ・ダイヤモンド砥石において、砥石集中度が高くなると研削抵抗値は小さな値を示した。
- ・砥石周速度が速くなると、研削抵抗値は小さくなる傾向を示した。
- ・CBN砥石の場合、砥石集中度が高くなると研削抵抗値は高い値を示した。

②被削材料の表面粗さ測定結果

- ・研削加工後の表面粗さは、どの加工条件においても大きな差は認められなかった。
- ・砥石集中度が高くなると、表面粗さ値は僅かに減少する傾向を示した。

③砥石表面の観察結果

- ・ダイヤモンド砥石の場合、研削加工後でも砥粒の切れ刃の確認ができた。
- ・CBN砥石の場合、研削加工後の砥粒は摩耗が激しく、さらに摩耗面には被削材料の凝着が認められた。

④被削材料の研削加工後の表面観察結果

- ・砥粒と被削材料の接触した部分は、加工条痕が明確に確認することができ、延性モードの研削が行われている。
- ・砥粒との接触点周辺にはバリの発生が認められ、その大きさは約10~15 μ m程度存在することが明らかとなった。

以上、インコネルとハステロイを用いて、平面研削加工における研削初期段階での挙動を中心に実施してきたが、今後は、研削表面粗さの向上に向けさらに検討を進め、また、ニッケル基合金以外のコバルト基、チタン基合金等についても同様に検討していく予定である。

参考文献

- 1) 狩野勝吉、難削材・新素材の切削加工ハンドブック、工業調査会
- 2) (独) 産業技術総合研究所：難削材切削加工データベース