TiC 基サーメットと WC-Co 超硬合金との接着強度

寺田 修^{☆1}, 佐々木 章^{☆1}, 鈴木 寿^{☆2}^{☆1} 富士ダイス機技術部, 〒146 大田区下丸子2-17-10.^{☆2} 千葉工業大学工学部, 〒275 習志野市津田沼2-17-1.

Adhering Strength between Titanium Carbide Based Cermet and WC-Co Cemented Carbide

Osamu Terada^{☆1}, Akira Sasaki^{☆1} and Hisashi Suzuki^{☆2}^{☆1} Technical Development Div., Fuji Die Co., 2-17-10 Shimomaruko Ohta-ku, Tokyo 146.^{☆2} Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino 275.

Received March 31, 1992

The room temperature adhering strength of combined specimen prepared by adhesion between TiC-19mass%Mo₂C-24mass%Ni cermet and WC-(10,15)mass%Co cemented carbide was mainly studied by transverse-rupture tests. It was found that the main crack generally passed within the cermet region very neighbouring the interfacial layer formed between two sorts of alloys. It was also found that the strength increased with lowering the adhering temperatures. The reason for the above phenomena is discussed.

1 緒言

著者らは、サーメットと WC-Co超硬合金との複合工具製造において重要となる、両合金の接着に関する基礎研究を行ない、多くの知見を得ることが出来た¹⁾。中でも、接着時にサーメット側から一般に超硬合金側にNi液相の流動が生じ、試験片に寸法(体積)変化、組織変化、硬さ変化などを惹起する現象は、極めて興味ある知見と思われた。ここでは既報¹⁾の結果をふまえ、両合金の接着強度について検討を加えることにした。

2 試料および実験方法

試料としては、高炭素のTiC-19mass%Mo₂C-24mass%Niサーメットと高炭素のWC-(10,15)mass%Co超硬合金を用いた^{*1)}。ここで結合相の体積率はサーメットは約16.4、

超硬合金は16.4と23.6vol%となる。両合金とも、常法に従って真空焼結によって調製(寸法はほぼ6×8.5×12mm³)し、その後HIP処理した。HIP処理後のサーメット及び超硬合金の抗折力はそれぞれ約2.0, 3.4~3.6GPaであった。必要により窒素(N)入りのTiC-19mass%Mo₂C-14mass%TiN-24mass%Niサーメットも試料として用いた。

サーメットと超硬合金との接着方法は、既報¹⁾と同様、焼結体の端面を研削、研磨後、サーメットと超硬合金を

Co(結合相の体積率はいずれの合金も16.4%)との接着について検討したが、超硬合金のCo量については10より15mass%Coとした方が、結果的に接着強度が安定し、他方工具鋼へのろう付性も優れるので、ここでは15mass%Co合金も試料として用いた。15mass%Coの場合も接着時にサーメット側から超硬合金側にNi液相が流動するが、流動量は10mass%Coの場合よりも減少した(後述)。

*1) 既報¹⁾ではTiC-19mass%Mo₂C-24mass%NiとWC-10mass%

研摩面で接触させ、1300℃で1hの真空予備接着後、1340～1400℃の各温度で1hの最終接着を行なった。接着試料の寸法はほぼ $6 \times 8.5 \times 24 \text{ mm}^3$ であるが、これを研削仕上げにより $5 \times 8 \times 24 \text{ mm}^3$ の寸法とした後、抗折試験に供した。この時必要に応じて、張力面を研摩仕上げした抗折試片も作った。抗折試験は接着界面層中心をスパン中心に一致するようにして行い、抗折破壊後は、張力面における主亀裂の伝播経路と界面組織との関係、破面組織、破壊の起源などを詳しく調べ、抗折力(接着強度)に及ぼす支配因子を調べた。

3 実験結果および考察

Photo.1はサーメットと10%Co合金との接着試片(1360℃ $\times$ 1h)を抗折破壊し、破片を突き合わせた時の張力面のSEM組織である。この時張力面は十分に研摩しておいた。Photo.1によると、主亀裂は接着界面層に接するサーメット内部を通過することが分かる。接着温度が変化した場合

Photo.1 SEM micrograph of a main crack appearing on tension side surface of specimen, when TiC-19mass%Mo₂C-24mass%Ni / WC-15mass%Co combined specimen was transverse-ruptured. It is shown that the main crack passes within cermet very neighbouring interfacial layer (I.L.) formed between cermet and cemented carbide.

Photo.2 Fracture surface, showing that the fracture source of combined specimen corresponded to a coarse β phase. Refer to photo.1.

や超硬合金のCo量を多量とした場合についても調べたが、上記の現象は同様となった。そこで破面組織を調べ、結果例をPhoto.2に掲げた。これより亀裂は試片表面近くに存在する粗粒 β 相(周辺組織を有するTiC粒)から生じることが明らかであり、この現象も接着温度や超硬合金のCo量によって変らなかった。

次に試片の接着強度を調べた。Photo.1の結果によると、主亀裂がサーメット内部を通過するので、抗折力の値はサーメットと超硬合金との接着強度でないことは明らかであるが、便宜的に以下接着強度という。Fig.1はサーメットと10および15%Co合金との接着強度と接着温度との関係を示す。これより接着温度が低い程、Co量によらず高強度となることが分かる。以下この理由を考える。①高温接着を行う程サーメット側のNiが超硬合金側に流入し易くなり、サーメット中のNi量が減少する¹⁾が、本研究の10%Coの場合は勿論15%Coの場合も同様となることが確かめられた。しかし、Ni液相の流動量は10よりも15%Coの方が少なかった。参考のため、Fig.2には、サーメットとWC-(10-

Fig.1 Transverse-rupture strength (adhering strength) of TiC-19Mo₂C-24Ni / WC-(10,15) Co specimen as a function of adhering temperatures.

Fig.2 The nickel and cobalt concentration in cermet / WC-Co combined specimen prepared at 1360℃ for 1h.

25%)Co合金との接着において、Co量が多くなる程Ni流動量が少なくなることを示した。②超硬合金側からサーメット側にWが流入し、高温接着を行う程 β 相が粗大化する¹⁾が、15%Co合金の場合も同様となることが確かめられた。

即ちサーメットはもともと超硬合金よりも低強度である(既述)が、上記①によるとNi量が減少するのでさらに低強度となることと、②によると粗粒 β 相が応力集中源となり易くなるため、主亀裂は界面層に接するサーメット中を通過し、高温接着を行う程、接着強度が低下したと考えられた。Fig.1において、接着温度が同一ならば、10よりも15%Co合金の方が高強度となったが、これは高Co合金程、Niの流出量が抑えられるからとして説明出来ると思う。

Photo.3は接着試料(15%Co合金, 1340°C×1h)の界面層近傍に付したHv(490N)圧痕を示す。Hv圧痕隅部に亀裂を生じるが、サーメット側では、亀裂長は試片の長手方向において直角方向よりも長くなっている、即ちサーメット側では試片直角方向に残留張力が存在していることが分かる。そして、これはサーメットの方が熱膨張係数が大きいためと

Photo.3 The Vickers hardness indentations (load, 490N), made on the cermet / WC-15Co specimen surface.

Photo.4 A bend of a main crack within cermet region, with low magnification. Refer to photo.1.

してよい^{*1)}。この点、本研究の抗折試験では破壊時の張力方向が試片の長手方向となっているので、上記の残留張力は、抗折力に影響しないと思われた。Photo.4にはPhoto.1に対応するマクロ組織を示した。これより主亀裂が超硬合金側に対して凸に湾曲していることが明らかであるが、これは上記の残留張力の影響と見做された。すなわち、残留張力は主亀裂の伝播経路に影響を与えるとしても、強度には影響しないと思われた。付記するとPhoto.3に示した試料について、600-800°Cで20hrまでの低温焼鈍後に亀裂長の異方性や抗折力を測定したところ、それらはとくに変化しないと見做された。

以下N入りサーメットとWC-Co合金との接着強度の結果を要約する。まず抗折破壊時の主亀裂の伝播経路、破壊の起源は、N無添加サーメットの場合と同様であった。接着強度に及ぼす超硬合金のCo量の影響もN無添加サーメットの場合と同様となった。しかし、接着温度の影響はN無添加の場合よりも小さくなった。これは恐らくN添加サーメットは微粒炭化物組織のためNiの流出量が減少する¹⁾ことと、界面層近くのサーメット中の β 相粒度の成長が抑えられる^{*2)}ことなどに起因すると思われた。

4 結論

主としてTiC-19mass%Mo₂C-24mass%NiサーメットとWC-(10-15)mass%Co合金とを1340-1400°Cで接着させ、抗折力試験による接着強度や、組織観察による主亀裂の伝播経路などを詳しく調べ、以下の諸結果を得た。

- 1) 抗折破壊時に張力面に生じる主亀裂は、両合金の接着界面に接するサーメットの内部領域を通過し、その経路は超硬合金側に対し凸状に湾曲する。ここで後者の現象は、サーメット側に生じる残留張力に起因すると思われた。なお、抗折破壊は試片表面近傍に存在する粗粒 β 相を起源として生じた。接着温度が高くなる程、接着強度が低下する現象が見いだされたが、これは高温接着を行う程、サーメット中のNi量が減少し、サーメットの強度が接着前よりも低下するためと考えられた。ここで接着強度の語は、主亀裂の経路を考慮すると正しくないが、便宜的

*1) TiC-19mass%Mo₂C-24mass%NiとWC-(10, 15)mass%Coの熱膨張係数は便宜的に文献値^{2) 3)}を用いて、混合則により計算すると8.26, (5.90-6.46)×10⁻⁶/Kとなる。

*2) N入りサーメットの場合は、超硬合金側からサーメット側にWが拡散しても、Nの存在でWはMoと同様に周辺組織中への固溶が抑えられ、 β 相はほとんど粒成長しない⁴⁾。

に使用した。接着強度に及ぼすWC-Co合金のCo量の影響は高Co程、高強度を示す傾向にあった。

- 2)窒素添加サーメットと WC-Co合金とを組み合わせた場合の諸現象は上記とほぼ同様となった。但し、接着温度の接着強度に及ぼす影響は、窒素無添加合金の場合よりも小さくなった。

文献

- 1)寺田, 佐々木, 鈴木: 紛体および粉末冶金, 39(1992),

投稿中。

- 2)L.E.Toth: Transition Metal Carbides and Nitrides, Academic Press, N.Y., (1971), 7.
3)日本金属学会編: 金属データブック, 丸善, (1974), 13.
4)土屋, 寺田, 佐々木, 鈴木: 紛体および粉末冶金, 37 (1990), 562.