

サーメットチップ鑄ぐるみによる耐摩耗材料の開発

島崎 良*¹ 小川 俊文*¹ 小野本 達郎*² 佐々木 誠*³ 嘉屋 文康*³ 森田 泰司*⁴ 山本 郁*⁵

Development of Wear Resistant Materials by Cermet Throwaway Tip Insert Casting

Ryo Shimasaki, Toshifumi Ogawa, Tatsuro Onomoto, Makoto Sasaki, Fumiyasu Kaya, Yasushi Morita
and Kaoru Yamamoto

サーメットは、超硬合金と並んで非常に高硬度で、工具刃先のインサートチップとして広く使用されているが、その使用済みチップのほとんどが廃棄されている。そこで、本研究では、サーメットのリサイクル促進のため、使用済みチップを鉄鋼材料に鑄ぐるむことで、新たな耐摩耗材料とする方法を検討した。また、サーメットは鉄鋼材料との親和性が低いため、サーメットの設置方法と母材組成の2つの観点からその改善を試みた。

1 はじめに

サーメットは超硬合金と並んで非常に高硬度であるため、工具刃先のインサートチップとして広く使用されている。超硬合金は、W、Co等の希少金属を多く含有しているため、多くの使用済みチップが回収、リサイクルされている。一方、サーメットは希少金属の含有量が少なく、使用済みチップのほとんどがそのまま廃棄されている。そのため、使用済みチップの活用が強く望まれている。

これまで、使用済みサーメットチップ活用のための様々な試み¹⁾がなされてきた。しかし、サーメットを鑄ぐるむにあたり、粉碎や予備成形等に手間がかかることなどから量産化されず、活用がほとんど進んでいない。そこで、本研究では、できるだけ簡素な方法でサーメットを鑄ぐるむ方法を検討した。また、鑄ぐるみ後のサーメットと基地の接合状態を調査し、耐摩耗材料としての使用可能性を検討した。

2 実験方法

本研究で用いた鑄ぐるみ試験用鑄型の概要を図1に示す。本鑄型は、実体部がφ65×100mmのCO₂鑄型であり、鑄型の底部に所定の方法でサーメットチップを設置した。次に、高周波溶解炉で、アルミナるつぼを用いて約1kgの材料を溶解し、所定の温度で鑄型に鑄造

した。その後、試料を円柱の縦断面（観察面）で切断し、さらに15mm角程度の大きさに切り出して鏡面研磨後、実体顕微鏡（Nicon SMZ-10）にて断面観察を行った。次に、EPMA（日本電子 JXA-8200SP）による面分析を行い、サーメットと基地の接合状態を確認した。また、マイクロビッカース硬度計（Mitutoyo HM-102 荷重0.98N, 10sで測定）によりサーメットと基地の界面付近の硬さ分布を測定した。

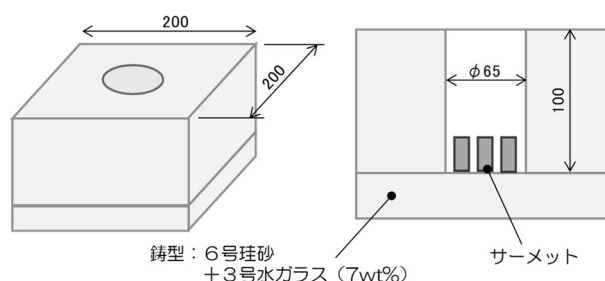


図1 鑄ぐるみ試験用鑄型の概略図

3 結果と考察

3-1 サーメット設置方法の検討

低炭素鋼（S25C）を基地とし、サーメット破碎粒（粒径約2mm）を鑄ぐるんだ結果を図2に示す。破碎粒を鑄ぐるんだ場合、粒が鑄型の隅に偏り、粒同士の隙間に溶湯が入り込まず、容易に脱落した。EPMA分析においても、基地とサーメットの間でごく一部に反応が見られるものの、多くの範囲で反応や拡散は見られなかった。よって、結合力は弱いと考えられ、耐摩耗材料としては不適であった。

次に、サーメットをチップのままステンレス鋼棒で保持し、鑄ぐるんだ結果を図3に示す。破碎粒の場合

*1 機械電子研究所

*2 公益財団法人福岡県産業・科学技術振興財団

*3 株式会社丸和技研

*4 大成建設株式会社

*5 久留米工業高等専門学校

と同様、チップの配置に偏りができることで、隙間に溶湯が入り込んでいなかった。また、基地とサーメット間の反応や拡散はほとんど見られなかった。よって、基地とサーメットの結合力は弱く、容易に脱落すると考えられ、これも耐摩耗材料としては不適であった。

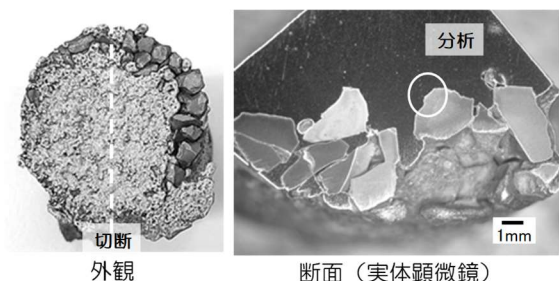


図2 サーマット破砕粒（粒径約2mm）の
鑄ぐるみ結果

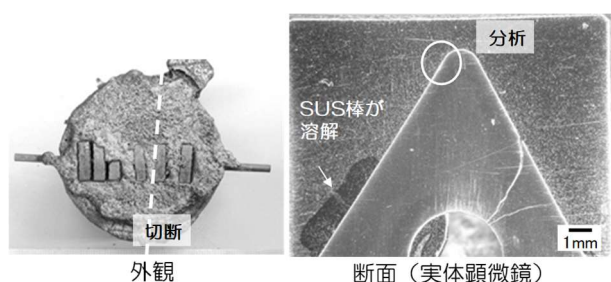


図3 サーマットチップをステンレス鋼棒で保持した
場合の鑄ぐるみ結果

次に、溶湯を隙間に入り込ませるため、チップ間にスペーサを挿入し、さらにステンレス鋼棒でチップを保持し、鑄ぐるんだ。その結果を図4に示す。溶湯がチップの隙間に十分に入り込んでおり、全体が包まれることで、チップが固定されていた。また、EPMAによる分析では、サーメット側に約20 μ mの拡散層が生じ、生地とサーメットが結合していることが確認できた。よって、チップが脱落しにくく、耐摩耗材としての使用に耐え得ると考えられるため、この設置方法を基準として採用した。

サーメットチップをスペーサとステンレス鋼棒で鑄込んだ場合の界面付近の硬さ分布を図5に示す。基地硬さは150~200HV0.1、サーメット硬さは1500~1600HV0.1程度であり、それぞれの硬さが維持されていた。しかし、基地の硬さが低く、使用中に基地が減肉することでサーメットが脱落する恐れがある。よっ

て、基地には、より硬い材料を使用する必要がある。

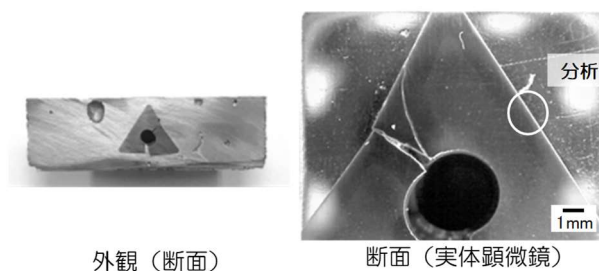


図4 サーマットチップをスペーサとステンレス鋼棒
で保持した場合の鑄ぐるみ結果

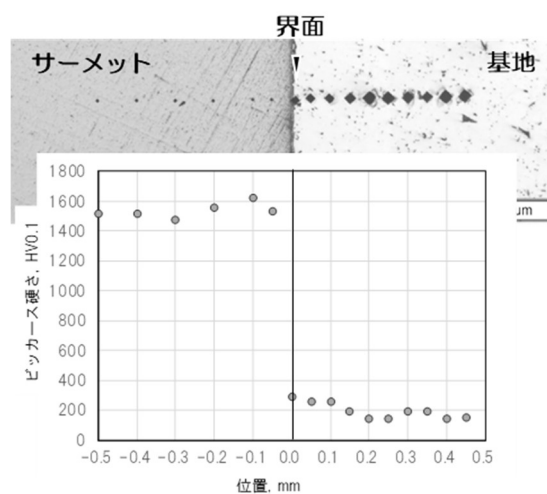


図5 サーマットチップをS25Cで鑄ぐるんだ場合の
硬さ分布

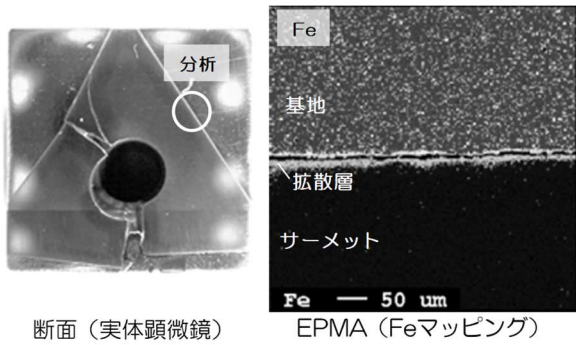
3-2 基地組成の検討

基地硬さ向上のため、高Cr 鑄鉄による鑄ぐるみを行った。その基地組成を表1に示す。高Cr 鑄鉄は、Cr 炭化物が分散しているため、高い基地硬度が得られる。また、低炭素鋼と比較して融点が数百 $^{\circ}$ C低く、湯回り性向上の効果も期待できる。

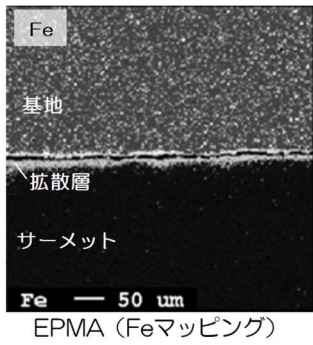
表1 高Cr 鑄鉄鑄ぐるみの基地組成

| 試料 | 組成, wt% | | | | | | | 鑄込温度 $^{\circ}$ C |
|----------|---------|------|------|------|-------|-------|-------|----------------------|
| | Fe | C | Si | Mn | P | S | Cr | |
| 参考(S25C) | BaL. | 0.22 | 0.04 | 0.23 | 0.017 | 0.015 | 0.13 | 1605 |
| 12Cr鑄鉄 | BaL. | 2.96 | 1.31 | 0.42 | 0.041 | 0.017 | 13.11 | 1507 |
| 25Cr鑄鉄 | BaL. | 3.11 | 0.90 | 0.54 | 0.062 | 0.021 | 23.85 | 1473 |

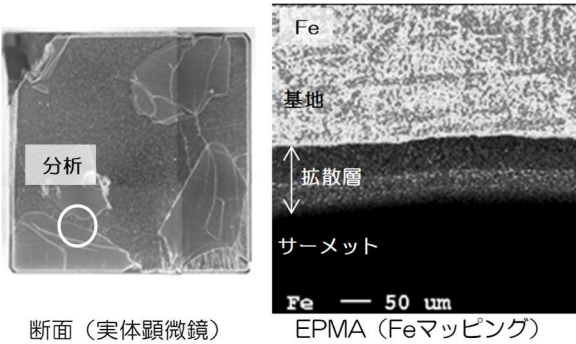
サーメットを基準の方法で設置し、高Cr 鑄鉄で鑄ぐるんだ断面及びEPMA分析結果を図6に示す。



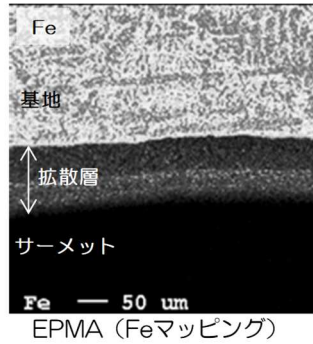
断面 (実体顕微鏡)



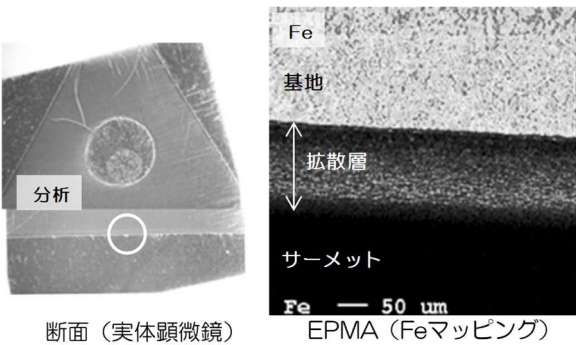
(a) S25C 鋳ぐるみ (参考)



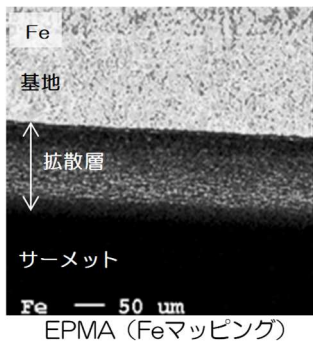
断面 (実体顕微鏡)



(b) 12Cr 鋳鉄鋳ぐるみ



断面 (実体顕微鏡)



(c) 25Cr 鋳鉄鋳ぐるみ

図 6 高 Cr 鋳鉄による鋳ぐるみ断面

いずれの試料でも、溶湯がサーメットの隙間に十分に回り込み、鋳ぐるむことができた。一方で、注湯時のチップの破損も見られた。これは、サーメットと溶湯が接触した際に溶湯の熱が急激にチップに伝わり、熱衝撃によって割れたと考えられる。EPMA 分析によると、サーメット側に基地成分である Fe の拡散層が生じ、Cr 量が多いほど拡散層の厚さが増大していた。その関係を図 7 に示す。Cr の入っていない S25C では拡散層は約 $20\mu\text{m}$ だが、25%Cr では約 $150\mu\text{m}$ まで拡大していた。Cr が入ることで基地とサーメットの親和性が良くなり、拡散が促進された。また、拡散層の拡大により、基地とサーメットの結合が強化されたと考えられる。

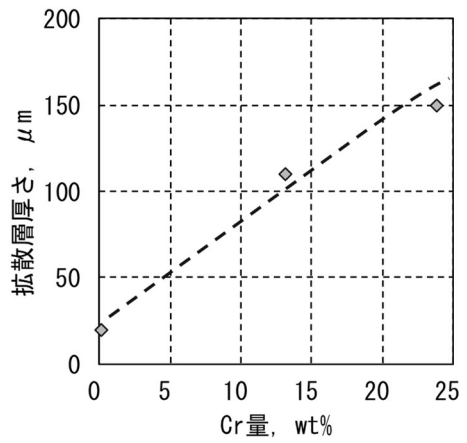


図 7 Cr 量と拡散層厚さの関係

次に、高 Cr 鋳鉄鋳ぐるみ試料の界面付近の硬さ分布を図 8 及び図 9 に示す。

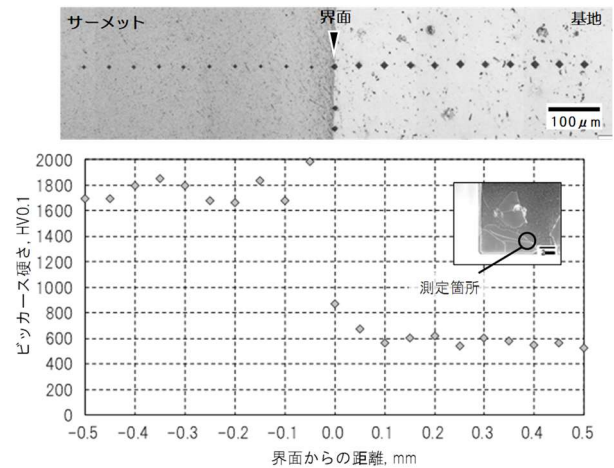


図 8 12Cr 鋳鉄鋳ぐるみ試料の硬さ分布

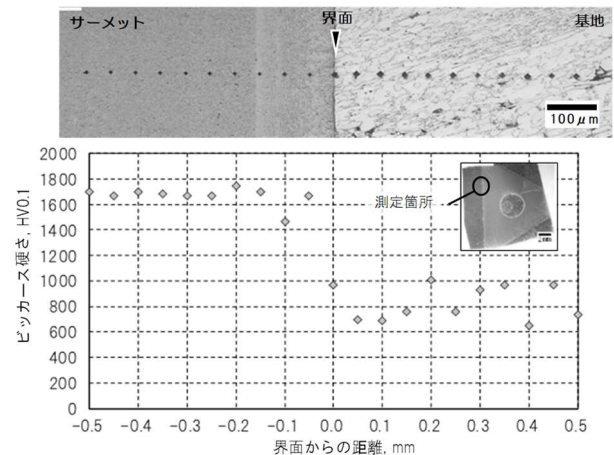


図 9 25Cr 鋳鉄鋳ぐるみ試料の硬さ分布

基地硬さは 12Cr 鋳鉄で 600HV0.1 程度、25Cr 鋳鉄ではバラツキが大きいですが、600~1000HV0.1 程度で、耐

摩耗材料として十分な硬さが得られた。基地硬さの差は、析出する Cr 炭化物量の違いによるものと考えられる。サーメットの硬さは概ね 1600HV0.1 以上を維持していたが、拡散層内ではわずかに硬さが上昇していた。これは、高 Cr 鋳鉄がサーメット内に侵入し、サーメットに含まれる Ni バインダと置換されたためと考えられる。

4 まとめ

炭素鋼 (S25C) はサーメットとの親和性が低く、鋳ぐるむにはスペーサによる隙間の確保が必要であり、また、硬さも低く耐摩耗材料の製造には適していなかった。基地材料に高 Cr 鋳鉄を用いることで、基地とサーメットの親和性が改善され、界面に拡散層ができることで、基地とサーメットが強固に結合された。また、基地に分散した Cr 炭化物により硬さも向上し、耐摩耗材料への適用が期待できる。

5 参考文献

- 1) 東北経済産業局環境資源部循環型産業振興室：使用済みサーメットチップのリサイクル・システム調査報告書，東北経済産業局 (2006)