

大気中プラズマを照射したステンレス鋼の乾式切削

○張 春艶(室工大) 池田慎一(苫小牧高専) 田頭孝介(室工大) 村上静人 山森英明

要旨

オーステナイト系ステンレス鋼の予備切削面に大気中低温プラズマを照射し、乾式で低速二次元切削した。その結果、プラズマ照射部は無塗布無照射部により切削抵抗が増加し仕上げ面が粗くなることが分かった。この理由は照射により被膜が破壊されるため、被削性が悪くなると考えられる。

1. 緒言

ステンレス鋼SUS304は乾式切削加工するとバリが発生し易く、良好な仕上げ面が得られない。しかし、有機極性物質オレイン酸を塗布した乾式切削では無塗布の場合より、切削抵抗が減少し、仕上げ面性状が向上した。これを著者らは、極性物質と金属の化学吸着作用に基づくものと考えている^{1)~3)}。つまり金属の表面状態は微小切削に影響を与えると考えられる。そこで、被削材の表面に大気低温中でプラズマ照射し完全乾式切削することを考えた。

2. 実験方法

供試材は 18Cr-8Ni オーステナイト系ステンレス鋼板 (JIS SUS304) である。これを 75×35×1.5mm に切断し、試料中央に 2mm の幅の切り欠きを設け照射部と無照射部を明確に分けて作成した。この試料をアルゴン雰囲気中で 1323K, 1.8Ks 溶体化処理し、直ちに水冷した。ここでの硬さは 180HV0.2 である。試料表面のひずみを均一にするため、切込み量 10 μ m で一連の予備切削を行い「予備切削材」を作成した。このとき、従来の経験により予め被削面にオレイン酸を塗布し予備切削した。得られた仕上げ面の粗さ R_{zJIS} は約 1.0 μ m 以下である。この予備切削を終えた段階で切削面にオレイン酸分子が全く付着していないことを赤外分光法で確認した。以上このようにして作成した予備切削面に大気中で低温プラズマ照射した。これは、プラズマ照射器 (キーエンス製: ST-7000) と予備切削面の間に放電を起こさせるもので、照射時間は 1.0s と固定し、照射面との距離は 10mm とし、照射時の消費電力は 400W, 空気流量は 8.3×10⁶mm³/s とした。本切削の切込み量が 20 μ m で、切削速度は前報^{1)~3)}と同じようにすべて 1.67mm/s とした。切削抵抗は (主分力 F_T , 背分力 F_N) 工具動力計より測定し、切りくずは SEM で観察した。

3. 実験結果

3.1 切削抵抗に及ぼすプラズマ照射の影響

Fig. 1 にプラズマ照射部と無照射部の空気中で切削したときの切削抵抗を示す。プラズマ照射部の切削抵抗は周期的に約 200N の幅で激しく変動している。主分力および背分力の最大値は照射部でそれぞれ約 550N および 250N, 無照射部でそれぞれ約 400N および 200N となり、照射することにより切削抵抗が増加している。

Fig. 2 にアルゴン雰囲気中で切削した切削抵抗を示す。最終予備切削, 本切削いずれもアルゴン雰囲気中で塗布と照射をせずに切削を行った。切削抵抗の主分力および背分力は最大値が約 600N および 300N で周期的に約 200N の幅で激しく変動している。照射して切削する状態と比べ、切削抵抗が増加し変動

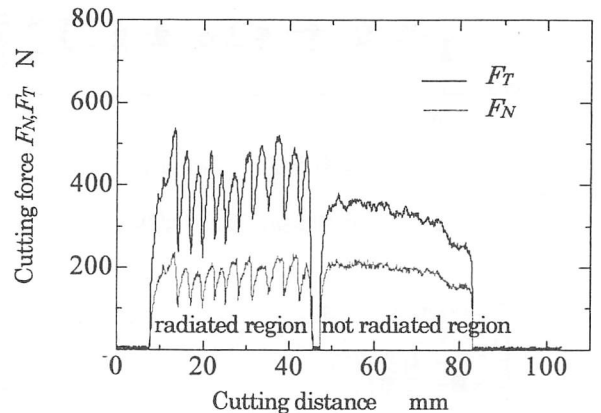


Fig.1 Relation between cutting distance and cutting force for plasma radiated region and not radiated region in air

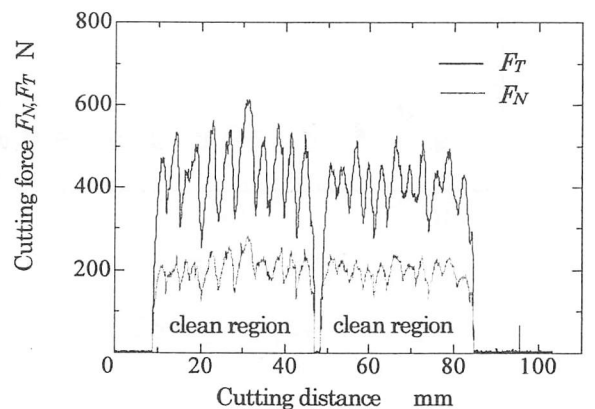


Fig.2 Relation between cutting distance and cutting force in Ar atmosphere

も激しいことが判断できる。切削により現れる新生面は通常はすぐに酸化されるが、この場合は不活性なアルゴン雰囲気中であるため酸化は進行せず被膜はほとんど生成されないものと言える。すなわち表面が新生面に近い状態で被膜がある場合と比べ塑性変形能が大きいと考えられる。

3.2 切りくず形状に及ぼすプラズマ照射の影響

Fig. 3 に予備切削材にそれぞれ表面処理したあとに、切込み量 20 μ m で切削したときの切りくず側面の SEM 写真を示す。表面処理は (a) 無塗布無照射, (b) オレイン酸を塗布する, (c) プラズマ照射する, および (d) Ar 雰囲気中である。(a) では切りくず形状は連続的にむしれ型を生成し、厚さは約

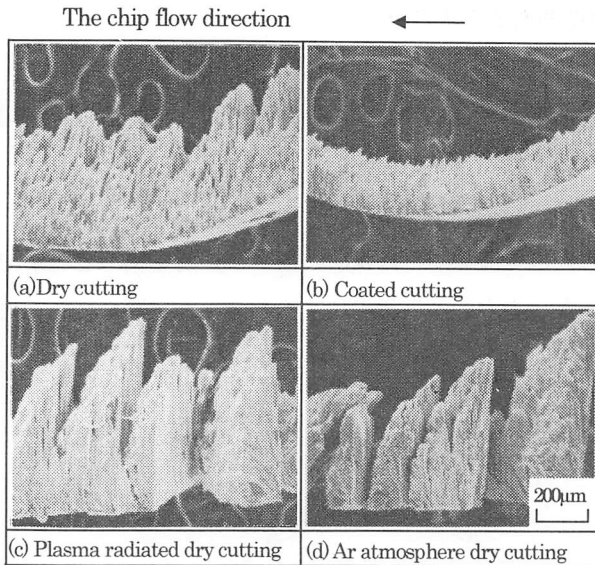


Fig.3 SEM micrographs of the chips form side

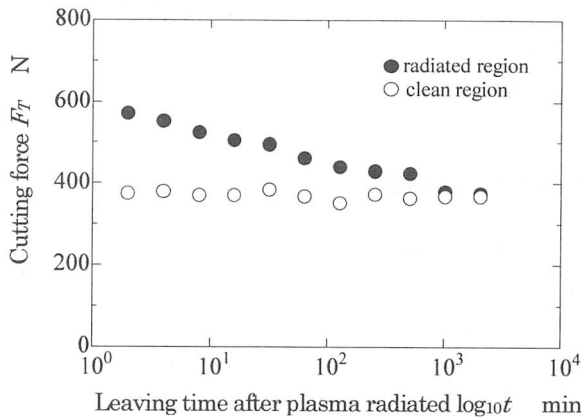


Fig.4 Relation between leaving time and cutting force

350 μm である。(b)はオレイン酸の塗布により切りくずは細かく周期的に排出されたせん断型となり、厚さは約150 μm である。一方、プラズマを照射し切削した場合とアルゴン雰囲気中で切削し得られた切りくずはいずれも断続的に堆積するむしれ型で、切りくず厚さは約500 μm である。(a)～(d)の仕上げ面の粗さ R_{Z1S} はそれぞれ約3, 1, 30および32 μm である。照射により切りくず厚さが厚くなり仕上げ面が粗くなる。

3.3 切削抵抗に及ぼす照射後の放置時間の影響

Fig.4にプラズマ照射後一定時間放置した切削抵抗を示す。プラズマ照射部の切削抵抗はFig.1に見られるように周期的に変動するため主成分曲線においてピークの頂点の平均値を示した。Fig.4より、無照射部の主成分力が放置によってほとんど変わっていないが、プラズマ照射部では時間が増加するにしたがい減少している。約16時間以降は無照射部とほぼ同じになっている。これらの結果は背成分力についても同様であった。プラズマ照射した表面は時間が経つことにより、被膜を徐々に生成し、無照射と同じ表面に戻ると考えられる。

4. 考察

プラズマを照射して切削すると切削抵抗が増加し仕上げ面が悪くなった。アルゴン雰囲気中で切削した場合もほぼ同じ結果が得た。

ここではプラズマ照射による表面の性状を考察する。プラズマ中で分子が解離するとイオンや電子などが生成し、金属表面で化学反応を起こす⁴⁾。そして照射により表面の有機物(汚れ)に反応する洗浄効果、そして表面では衝突による表面活性効果を得られる。今回の実験では、大気中低温プラズマの場合、電離度は約 10^{-4} 程度であり、イオンまたは励起種が少ないと考えられる。そのため、プラズマ中では、中性の分子と原子が主であり、つまりわずかな酸素および窒素は電離イオンになり、気体分子および原子と一緒に被削面に衝突する⁵⁾。そして、プラズマは被削面を洗浄し活性するといえる。そこで、表面の汚れをとりさらに試料表面の被膜は破壊されるまたは薄くなると考えられる。このことは前述のようにアルゴン雰囲気中で切削すると予備切削した面あるいは仕上げ面は酸化されていない、つまり表面の被膜が生成されない状態での切削抵抗と同様に考えることができる。そして、照射により表面の被膜が破壊している、もしくは薄いため、塑性変形能は被膜がある場合と比べ大きい。すなわち切削のときには盛り上がり部が大きくなるまで破碎せず、むしれ型切りくずが生成し排出する。そこで、切削抵抗は大きくなり変動も激しい。また照射後被膜はすぐに生成しようとするが、照射により励起気体窒素、酸素、および水分子などが表面に吸着しており、これらが後の被膜生成を阻害する、つまり無照射時と同じ厚さや密度の被膜生成する時間を延ばしていると考えられる。放置時間により切削抵抗の変化から被膜の状態が変化することも説明できる。

5. 結言

ステンレス鋼の表面にプラズマを照射し、低速二次元切削を行い、以下の結論を得た。

- 1) 無照射に比べ、切削抵抗は増加し、仕上げ面は悪くなる。
- 2) 照射による切りくずは連続的なむしれ型から断続的に堆積するむしれ型に変わる。
- 3) プラズマを照射した表面は被膜が破壊され、表面に気体などが吸着するために被膜の生成が遅れる。そこで切削のときは切削抵抗が増加し変動も大きい。

参考文献

- 1) 池田慎一, 田頭孝介, 中津正志, 佐藤謙司: アルミニウムの切削挙動に及ぼす流動パラフィン塗布剤中のオレイン酸濃度の影響, 精密工学会誌, 66, 7(2000)1103.
- 2) 田頭孝介, 池田慎一, 米川 賢: 希薄なオレイン酸を塗布した純鉄の切りくず生成機構, 精密工学会誌, 66, 12(2000)1917.
- 3) 田頭孝介, 池田慎一, 佐藤健司: 希薄なオレイン酸を塗布した無酸素銅の二次元低速ドライ切削, 精密工学会誌, 70, 1(2004)101.
- 4) 杉山和夫, 中野寧: 低温プラズマを利用する金属酸化物の短時間合成法, 表面, 33, 6(1995)359.
- 5) 亀岡 聡, 国森公夫: プラズマ励起を用いる不活性小分子の活性化と表面解析, 32, 4(1994)251.