

담금 경화 금형재의 탈탄층과 연마 균열의 관계에 대한 실무적 고찰

신 호 강
삼락산업대표

1. 서 론

본 사례보고는 그림 1의 치수를 가진 SKS3 담금 경화재 금형 부품의 연삭 가공시 평균 2mm 정도의 균열이 발생하여 이의 원인 검토 및 대책 수립에 대한 것이다. 균열의 발생 형태는 그림 1에 명시된 것과 같다.

2. 이론적 고찰

작업공정과 연삭 균열의 상관 관계를 조사 하기 전에 먼저 균열의 발생원인에 대한 이론적 고찰을 수행하였다. 균열이 발생되려면 재료의 인장 강도보다 큰 인장응력이 작용되어야 한다. 일반적으로 연삭 가공을 하면 그림 2와 같이 재료의 표면에 인장응력이 발생하며⁽¹⁾ 열처리재의 경우 다음과 같은 나쁜 요인에 의해 재료의 인장강도가 감소하거나 응력집중 효과가 생겨 연삭시 표면 인장응력이 재료의 인장 강도보다 커져 균열이 생긴다.

- 1) 과잉 침탄으로 Fe₃C 망상 조직이 생길 때⁽²⁾
- 2) 과열에 의하여 결정 입도가 조대할 때⁽³⁾

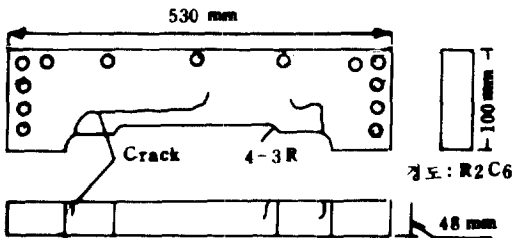


그림 1 연삭균열이 생긴 금형의 형상 및 균열의 위치.

- 3) 담금후 뜨임을 실시하지 않아 취성이 있는 α -martensite 조직일때⁽⁴⁾

- 4) 부적당한 가열 분위기로 인하여 표면에 탈탄층이 생길 때⁽⁵⁾

즉 표면에 탈탄층이 형성되면 그 부분의 인장강도가 저하됨과 동시에 그림 3과 같이 표면 인장응력이 조장되므로 균열의 위험이 커진다. 그러나 탈탄층이 완전 Ferrite로 되거나 깊이가 깊어지면 표면소성 변형이 일어나 균열의 위험은 오히려 감소한다.

- 5) 피가열물의 형태 및 소입조건에 의해 내부 압축응력과 외부 인장응력이 조성될 때이며 일반적으로 SKS, SUJ와 같은 유냉강의 조직변태시에 이러한 현상이 발생한다(그림 4 참조).

3. 현황 및 원인분석

이상의 이론적 고찰을 배경으로 연삭균열의 발생원인을

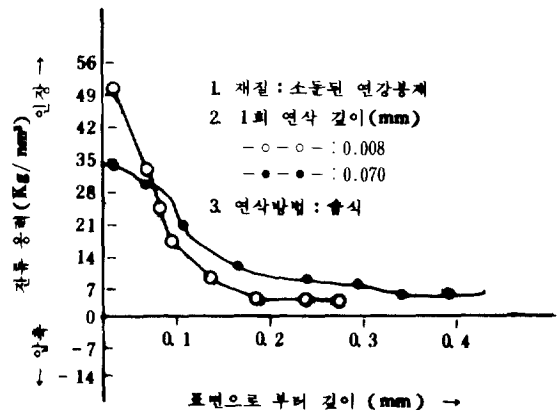


그림 2 연삭가공시 생기는 표면 잔류인장응력

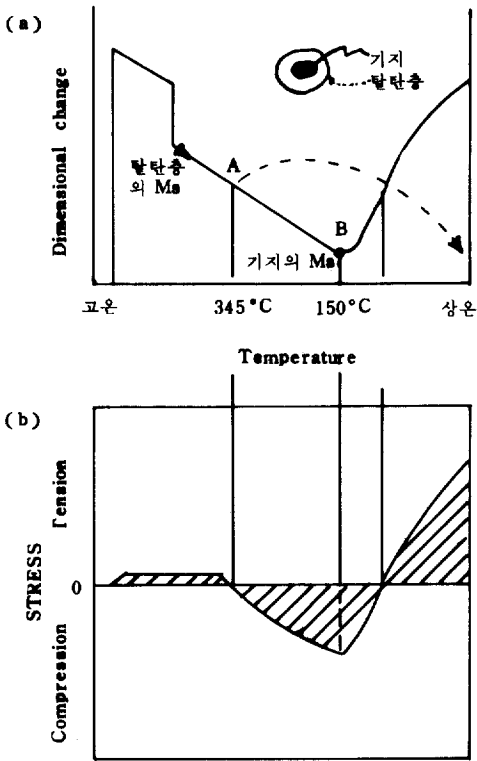


그림 3 탈탄층의 퀴칭시 체적변화(a)와, 그에 따른 표면 인장잔류응력 생성 관계도(b).

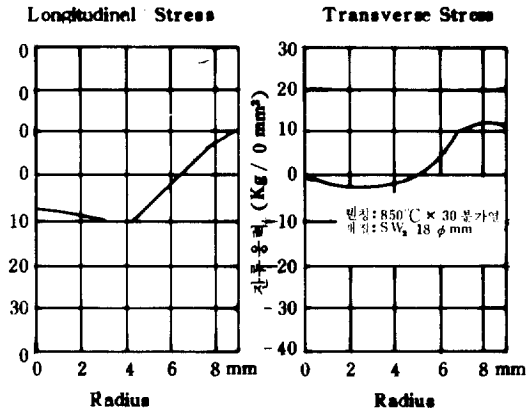


그림 4 조직 변화 응력형의 응력 분포도(6).

규명하기 위하여 열처리 작업에서 연삭 작업까지의 작업 현황을 균열 발생 부위의 조직을 검토한 결과 다음과 같다.

3.1 작업현황 및 조직검사

본 금형 부품의 연삭시 균열이 발생한 원인을 찾고자 공정별 작업현황을 추적하고 또 파손된 금형의 파면 및 조직을 검사하였다.

3.1.1 열처리 작업

부품을 숏과 주철가루를 함께 섞어 스텐레스 강재의 상자 내에 장입하여 밀폐한 후 강의 규정대로 그림 4의 Heat-Cycle 에 따라 전기로 내에서 가열하여 담금 및 뜨임하였다. 그러나 이때 뚜껑의 기밀성이 불량하여 숏으로부터의 화염방출이 심하였다.

3.1.2 연삭작업

규정대로 WA 36 G 저속 에 의한 습식 평면 연삭 작업으로 1회 10 μm 씩 연삭하였다.

3.1.3 Fe₃C 망상조직

연삭하지 않은 부분의 단면조직을 5% Nital 및 Picral 로 부식하여 현미경으로 관찰한 결과 망상의 Fe₃C 조직은 발견되지 않았다.

3.1.4 결정입도

망치로 파단한 면과 표준시편의 파단면을 10 배 확대경으로 비교 관찰한 결과 결정입도의 조대화 현상은 발견되지 않았다.

3.1.5 표면 연화층

연삭시의 연삭열에 의한 연화층의 존재유무를 확인코자 0.2mm 깊이로 완전 연삭한 면의 단면 경도를 측정한 결과 연화층을 발견할 수 없었다.

3.1.6 탈탄층

열처리시 탈탄층이 생겼는지를 확인코자 부품의 연삭하지 않은 면의 단면조직을 현미경으로는 발견되지 않았으나 단

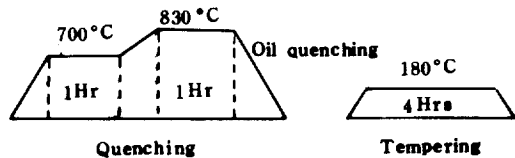


그림 5 금형의 열처리 과정 및 조건.

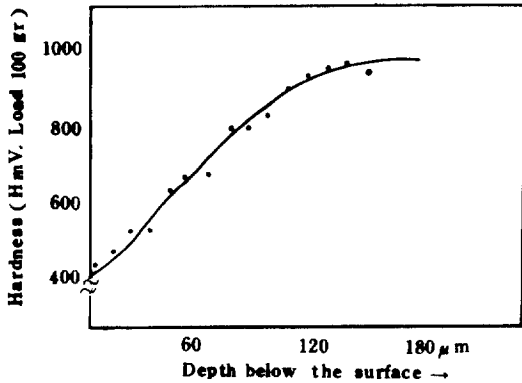
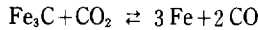


그림 6 표면 탈탄층의 단면 경도 분포도.

면 경도를 측정된 결과 그림 6 과 같이 약 0.12 mm의 탈탄층이 확인되었다.

상기 탈탄층의 발생원인은 소입가열시 상자 뚜껑의 기밀성이 좋지 못하여 외부로부터 공기의 침입이 심하였기 때문에 Fe-CO 계의 Boudouard 평형곡선으로부터 볼때 CO₂ 량이 많아져 다음 식과 같이 탈탄 현상이 일어난 것으로 판단된다.



특히 830°C 전후의 온도에서 SKS 3 재의 합금강은 S55 C 재 및 SK 3 재의 탄소강보다 탈탄층이 심하게 발견된다. 이는 탄소강의 경우 표면의 산화속도가 탈탄 속도보다 빨라 탈탄층이 scale로 제거되어 버리고 SK 3은 Mn 및 W 등의 성분때문에 표면의 산화속도가 탈탄속도보다 느리므로 탈탄층이 더 많이 남기 때문으로 생각된다.

3.2 원인분석

이상과 같이 열처리 현황 및 조직을 검토한 결과 비정상 조직인 표면 탈탄층이 발견되었으며, 이 탈탄층의 잔류응력과 인장강도의 관계로부터 연마시의 균열 발생 원인을 분석하면 다음과 같다.

본 금형부품은 SKS 3 재의 유냉강으로 담금시 생성되는 내부잔류응력은 변태응력으로 표면에 인장응력이 남게 된다. 이때 일반적으로 표면 인장잔류응력은 담금재의 인장강도보다 작으므로 담금시 균열의 위험성은 적다. 그러나 표면에 탈탄층이 생성될 경우 표면 인장잔류응력은 더욱 증가함과 동시에 인장강도는 저하되므로 담금시 파손의 위험도

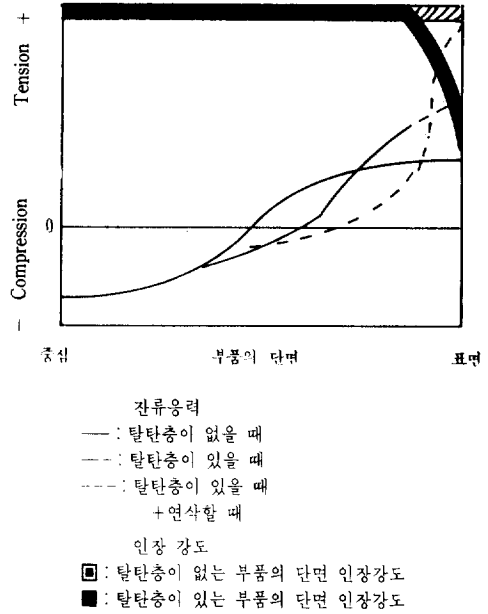


그림 7 SKS 3 재의 연삭시 소재의 단면 인장강도와 단면 잔류응력 분포도.

는 커지며, 차후 공정인 연삭시 인장 잔류응력이 추가되어 표면의 인장강도를 훨씬 능가하여 파손이 발생하게 된다. 그리고 표면의 탈탄층이 완전 탈탄되지 않고 얇을 경우에는 특히 균열이 잘 발생한다는 이론적 근거와 실제 탈탄층의 측정값(경도 HV 400, 깊이 0.12mm)을 비교하면 잘 일치한다. 이러한 현상을 도식적으로 나타내면 그림 7과 같다.

4. 결론

이상과 같이 SKS 3 담금재의 연삭 균열 발생원인은 담금시 탈탄층 발생에 의한 표면 잔류 인장응력과 연삭시 표면 인장응력이 합세하여, 표면 탈탄층의 인장 강도를 초과 하기 때문인 것으로 생각되며 따라서 표면 탈탄을 방지하기 위하여 다음과 같이 담금하는 것이 바람직 할 것으로 생각 된다.

- (1) 상자와 뚜껑을 내화물로 잘 밀봉하여 탈탄에 의한 표면 잔류 인장응력이 생기지 않도록 한다.
- (2) 탈탄 방지제를 충분히 첨가한 염욕로를 사용하거나 SKS 3 강재의 C%와 같은 GAS 분위기로, 혹은 진공로 등을 사용하여 표면 탈탄을 방지할 수 있는 열처리 시설을 이용하는 것이 바람직하다.

참고문헌

1. Metal Engineering Handbook
p.52(ASME).
2. 금속재료, 1973, 10호, p.11(일간공업신문사).
3. 공구강의 불량과 대책, 연삭 Crack 부분(베들레
햄·STEEL.Co.).
4. 공구강의 불량과 대책, 연삭 Crack 부분(베들레
햄·STEEL.Co.).
5. 금속재료, 1973, 10호, p.72(일간공업신문사).
6. 기계부품의 열처리 81, p.148(일간공업신문사).