

금형의 손상 사례와 대책

仁平 宣弘¹

Example of Damage and Its Counterplan of Mold

N. Nihira

1. 서론

많은 제품과 부품이 금형을 이용하여 성형되고 있으며 이들의 품질이나 가격은 금형기술에 의존하고 있다. 금형기술은 그림 1 에 보인 바와 같이 ①금형설계·제작, ②열처리·표면처리, ③성형가공·유회로 분류할 수 있다. ①은 금형가공업계, ②는 열처리·표면처리 업계, ③은 제품·부품제조업계와 관련이 있는 것이 보통이다.

금형의 종류에는 프레스 금형, 단조 금형, 플라스틱 금형, 다이캐스팅 금형 등이 있으나 각각 사용 환경이 다르기 때문에 개개의 금형에 대하여 요구되는 특성도 자연히 달라지게 된다. 일부를 제외하고 공통적으로 내마모성이 요구되기 때문에 금형재료는 높은 경도를 가진 강종이 쓰여지고 있으며 켈칭 및 템퍼링으로 대표되는 열처리가 이루어지고 있다. 또 사용 중에 충격을 주는 금형의 경우에는 내충격성이 요구되며 이 경우에는 경도는 다소 낮지만 인성을 강화할 수 있는 재료를 선정하여 열처리를 하지 않으면 안된다. 또 열간 단조 금형이나 다이캐스팅 금형에는 내열성과 플라스틱 금형에는 경면 연마성이나 내식성도 크게 요구된다.

금형을 제작할 경우 사용 상황을 충분히 파악한 뒤에 설계해야 할 것은 당연 하지만 설계상 전혀 문제가 없어도 제조 공정 시에 이미 초기 손상이 있다든지, 예상외의 사용 방법을 사용할 경우에는 초기 손상을 가져올 수 있다.

본 원고에서는 금형재에 발생하기 쉬운 주된

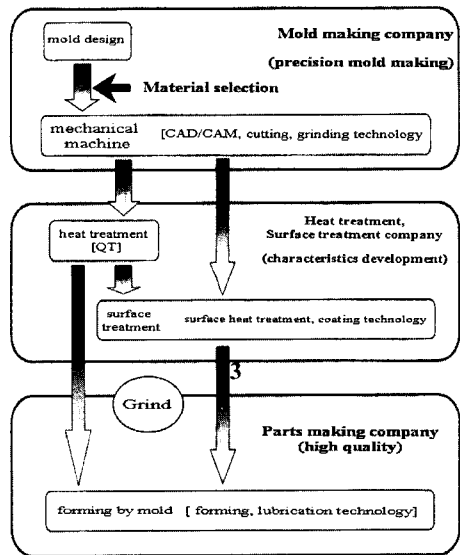


Fig. 1 Flow chart of forming technology by mold

초기 손상이나 사용시의 초기 증상을 사례별로 소개하고 더 나아가 이것들의 개선책에 대하여도 제안하였다.

2. 금형의 수명에 영향을 미치는 인자

금형의 수명에 영향을 미치는 인자는 그림 2 에 보인 바와 같이 금형 자신의 문제와 사용법의 문제가 있다. 열처리나 표면처리는 금형 자신의 문제에 속하지만 그 대부분은 최종 공정에서 이루어지기 때문에 그 실패는 치명적이다. 그 때문에

1.仁平技術士事務所 (宇)358-0003 入間市豊岡, Japan
 - 技術解説: 靱性の加工(日本靱性加工學會誌) 第49巻 第 568 号 pp. 372-377(2008.5)
 - 번역자: 박정서(자유번역가), 김인수(금오공과대학교 신소재 시스템공학부, 교수)

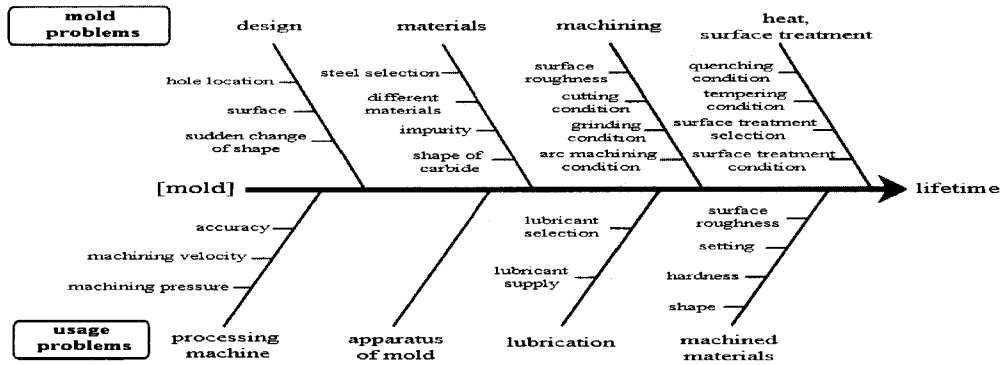


Fig. 2 Factor of mold lifetime

사용 중에 금형이 파손하든지 마모될 경우에는 먼저 열처리나 표면처리에 의심가는 것이 많지만 실제로는 그림 2 에 보인 바와 같이 인자가 복잡하게 얽혀있다. 즉 금형재의 선정이나 금형의 치수 정밀도는 틀림이 없었지만 부적절한 열처리나 표면처리를 했기 때문에 요구에 맞는 특성이 얻어지지 않았든지 그 역의 경우나 과잉 품질이 되는 일도 많이 있다.

3. 열처리에 관련한 손상

금형의 대다수는 퀀칭과 템퍼링에 의해서 소정의 특성이 부여되나 그 대부분은 최종공정에서 실시되기 때문에 열처리에 따라 생기는 초기 손상은 치명적인 것이다. 그러나 열처리에 의한 초기 손상에는 단순한 열처리 작업의 오류에 의한 것과 다른 요소로 복잡하게 얽혀 생기는 것이 있으며 대부분의 손상은 후자에 의한 것이다.

전자의 예로서는 가열온도나 유지시간의 설정 오류, 가열에 동반되는 산화나 탈탄 등 표면 연질, 템퍼링이나 변형 등도 있다. 또 열처리 이외의 요소로는 강종의 선정오류, 이종재혼입, 재료불량, 설계불량, 전가공 불량 등이 있다.

3.1 가열분위기에 의한 표면 변질

강은 대기 중에서 가열하면 그 분위기 중의 산소나 수분 등의 산화성 가스와 반응하여 표면에 산화스케일이 생기게 된다. 산화의 정도는 분위기 중의 산화성가스의 함유량이 많을 수록, 가열온도가 높을 수록, 가열시간이 길수록 크게 된다. 특히 고온가열에 의해 산화스케일이 생겨나면 표면 거칠기나 탈탄도 필연적으로 생긴다. 이 상태에서

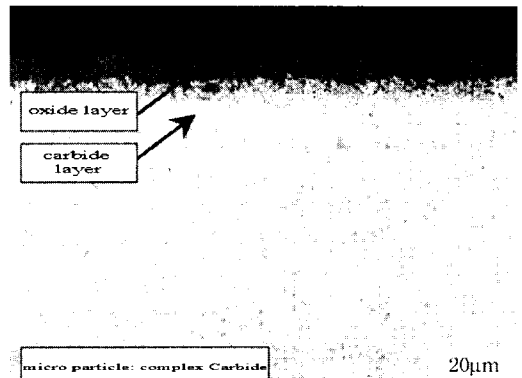


Fig. 3 Micro structure of quenched SKH51 in salt bath condition

퀀칭을 행하면 불일록, 경도 부족, 템퍼링 등의 장애가 발생한다.

대책으로서는 불활성가스, 변성가스, 분해가스 등 산소와 수분이 아주 적은 분위기나 염욕을 이용하거나 진공 가열 방법 등을 생각 할 수 있다. 단 환원성가스나 염욕 중에서 가열해도 수분이 혼입되어 있으면 현저하게 탈탄한다. 일례로서 그림 3 에 열화된 염욕에 의해 퀀칭 가열한 SKH51 의 단면조직을 보이고 있다. 분명하게 표면에 산화물층(착색부)과 그 직하에 탈탄층(복탄화물이 존재하지 않는 곳)이 관찰된다.

진공은 다른 방법보다 가열분위기에 비해서 간단하게 광휘가열이 되는 열처리에 잘 이용되고 있다. 진공가열은 처리물의 표면정정 효과, 탈지 효과, 탈가스 효과 등 많은 효과를 가져온다. 이들의 진공가열에 따르는 작용은 가열시 압력이 낮을 수록 크지만, 금형재의 열처리에 이용하는 경우에는 함부로 낮게 해도 오히려 역효과로 되

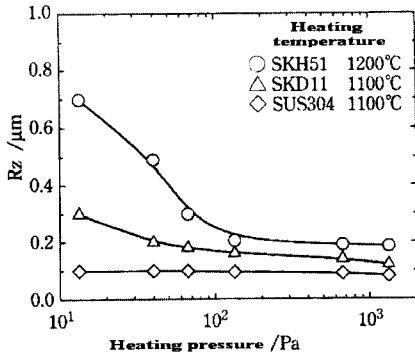


Fig. 4 Relationship between surface roughness and heating pressure after vacuum heating and gas quenching

는 일이 많다. 즉, 진공가열에서는 양적이 초고진공보다는 질적인 초고진공이 요구된다. 양적으로 저진공이나 중진공도 불순물 가스량이 초고진공 영역과 같은 정도로 된다. 양적인 초고진공을 얻기 위해서는 고가인 진공설비가 필요하지만 질적인 초고진공은 N₂ 나 Ar 등 중성 또는 불활성가스에 의한 진공 용기내의 잔류 공기와의 충분한 교환에 의해 얻어진다.

특히 1000°C 이상의 고온에서 가열하며 진공을 이용하는 경우에 가열시의 압력을 낮게 하면 광휘성의 열화나 표면이 거칠어지는 원인으로 되기 때문에 질적인 초고진공은 이용하는데 속련이 필요하다. 이를테면 그림 4 는 진공가열(600s 가열 유지) 후 N₂ 가스에 의해 강제 냉각한 각 강종의 표면거칠(Rz)을 보인 것이다. 이와 같은 중진공에서 저진공 영역에 있어서도 분명하게 가열시 압력은 높은 쪽이 양호한 표면 조도가 얻어 지는 것을 보이고 있다. 또한 SKH51 과 같이 고온에서 가열되는 것일 수록 이 경향은 현저하며 이 결과는 특히 유의해야 할 점이라는 것을 알게 되었다. 이 압력저하에 따르는 표면조도의 열화원인은 압력이 낮을 수록 또 가열온도가 높을 수록 처리물에 함유하는 증기압이 높은 원소가 증발하기 때문이다.

단 이와 같은 저진공이나 중진공 영역에서는 분위기 중에 잔류공기가 존재하면 산화에 의한 표면 착색의 문제가 발생하기 때문에 가열전에 N₂ 가스에 의하여 잔류가스의 충분한 치환이 필요하다. 더우기 가열 중은 N₂ 화 진공펌프(로타리펌프)에 의한 배기를 병용하여 압력을 제어하는 등 이차적인 분위기 오염대책도 중요하다.

3. 2 열처리 균열

열처리 균열은 퀴칭시의 급냉에 의해 발생하는 열응력과 퀴칭에 의해 마르텐사이트 변태할 때의 팽창에 의해 발생하는 변태응력에 의해 생긴다. 이 때 응력이 집중될 수 있는 엣지의 존재, 냉각속도가 극단으로 다르게 되는 치수 급변부 등을 적극적으로 고려하지 않으면 안된다. 특히 엣지의 존재는 열처리 균열 뿐만이 아니고 사용 중에 발생하는 균열의 기점에도 되기 때문에 금형에서 뿐만이 아니고 사용 중에 하중부하가 걸리는 모든 제품이나 부품에 공통적인 문제이다. 이것은 설계상의 문제이며 기계가공의 용이성이나 가공가격 및 재료가격의 절감뿐만 아니라 가공후의 퀴칭까지 고려한 설계가 바람직하다. 일례로서 그림 5 에 SKH51 로 만든 펀치에 있어서 균열의 발생 상황을 보이는 것과 같이 분명히 엣지가 발생 기점으로 되어 있다.

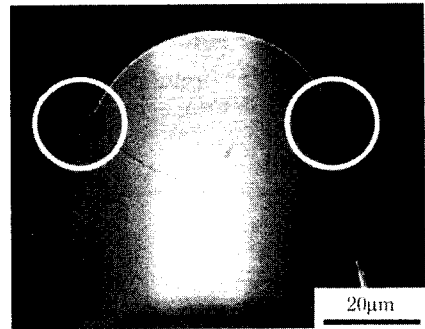


Fig. 5 Surface crack of SKH51 punch during the processing

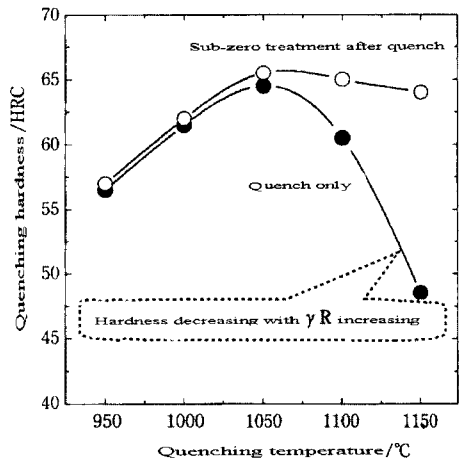


Fig. 6 Effect of quenching temperature on hardness of SKD11

더욱이 금형 형상뿐만 아니라 금형재나 열처리 기술이 열처리 균열의 원인이 되는 것도 있다. 전자의 예로서는 비금속 개재물이 많은 경우와 가열유지시간이 너무 길 경우 등 가열에 관한 일이 많다. 또 퀴칭 냉각시의 문제로서는 Ms 점의 통과 속도가 빠른 경우에 열처리 균열이 발생하기 쉽기 때문에 각 금형재나 금형형상에 대비하여 높은 온도 퀴칭이나 마르템파 등의 채용 등 많은 연구가 필요하다.

3.3 잔류오스테나이트의 문제

퀴칭에 의해 탄화물이 충분히 고용되지 않으면 높은 퀴칭 경도가 얻어지지 않으나 역으로 과잉하게 고용한 경우에도 높은 경도가 얻어지지 않는다. 이 현상은 과잉하게 탄화물이 고용하면 Ms 점(퀴칭 냉각시의 마르텐사이트 변태개시온도)이 저하하여 연질의 잔류오스테나이트(γ_R)가 증가한 것에 의한 것이다. 이와 같이 γ_R 는 탄소의 고용량이 많은 것일 수록 다양하게 생기고 더구나 Cr 등 탄소 이외의 합금 원소의 고용량이 증가하는 이 경향을 증가한다.

금형용 강 중에서도 탄소 및 Cr을 다량 함유한 SKD11이 흔히 문제가 된다. 단 500°C 이상의 고온으로 템퍼링하는 것에 의해 마르텐사이트로 변화되기 때문에 최종 템퍼링 온도가 500°C 이상의 경우에는 그다지 문제가 되지 않는다.

그러나 SKD11은 150~200°C의 저온으로 템퍼링되는 것이 많고 이 경우에는 최종 공정까지 γ_R 가 잔존하기 때문에 다량으로 존재하는 경우에는 ①연질이기 때문에 내마모성이 뒤떨어진다, ②최종 제품치수가 열처리 전보다도 수축한다, ③제품치수가 안정되지 않는다, ④연삭가공시에 연삭판이 고정용 장치에 붙기 어렵다, ⑤연삭시의 발열에 의해 연마 깨어짐이 생기기 쉽다 등의 불량을 가져온다. 이것 때문에 SKD11은 γ_R 를 마르텐사이트로 변태시킬 목적으로 서브제로 처리하는 일이 많다. 그림 6에 퀴칭상태 그대로와 액체질소에 의해 서브제로 처리한 SKD11의 퀴칭 온도와 퀴칭 정도 및 γ_R 량과의 관계를 보인 것이다. 퀴칭 온도가 높을 수록 γ_R 양은 증가하고, 특히 1050°C를 넘으면 그 경향은 현저하게 되어 있으며 퀴칭 정도는 급격하게 저하되는 것을 알 수 있다. 또 이것들에 서브제로 처리를 하면 γ_R 양이 대폭 감소하고 그것에 뒤따라 경도가 높게 되어 있다.

서브제로처리란 퀴칭 직후에 0°C이하로 냉각

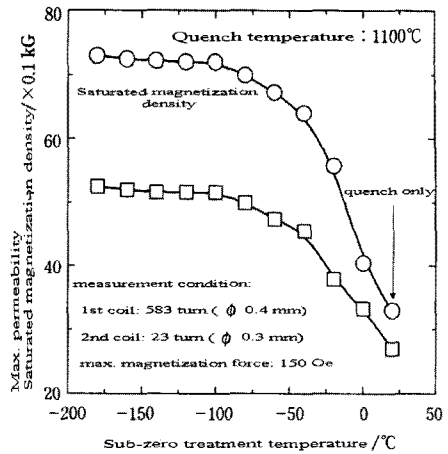


Fig. 7 Effect of subzero treatment on magnetic property of SKD11(sample: outer diameter 45mm, inner diameter 25mm, thickness 10mm, round shape)

하는 처리이고 보통은 그림 7에서 밝힌 것과 같이 -100°C이하로 냉각하면 충분하다. 본 그림은 γ_R 와 마르텐사이트의 자기 특성이 크게 다른 것을 이용하여 측정된 것이며 최대 투자율 및 포화 자속밀도는 -100°C위까지는 급격하게 상승하고 있지만 -100°C이하의 온도에서는 거의 일정하게 되어 있어 $\gamma_R \rightarrow$ 마르텐사이트의 변태는 끝에 가까워졌다 것을 보이고 있다. 단, 최근에 초서브제로처리라 칭하는 액체질소를 이용한 처리가 많이 이용되고 있다.

3.4 퀴칭 후의 탄화물의 고용과 응집

금형용 강에 있어서의 퀴칭의 목적은 강을 오스테나이트 영역까지 가열하여 충분히 탄화물을 고용시키는 것이다. 탄화물의 고용은 원소의 확산현상이기 때문에 탄화물의 종류에 따라 고용의 정도는 다르다. 또 동일 탄화물이라도 탄화물을 구성하고 있는 합금 원소나 크기도 고용량을 좌우한다. 그 때문에 탄화물의 종류나 크기에 의하여 적절한 퀴칭 온도도 다르다.

탄화물의 종류에 따라 $M_3C \rightarrow M_{23}C_6 \rightarrow M_6C \rightarrow MC$ 의 순으로 고용하기 어려워지기 때문에 MC나 M_6C 를 함유하는 강의 퀴칭 온도는 높게 하지 않으면 안된다. 이를테면 M_3C 가 존재하는 SK105의 평균적인 퀴칭온도는 790°C, $M_{23}C_6$ 가 존재하는 STS420J2는 950°C, M_7C_3 가 존재하는 SKD11은 1030°C, M_6C 나 MC가 존재하는 SKH51은 1220°C이다.

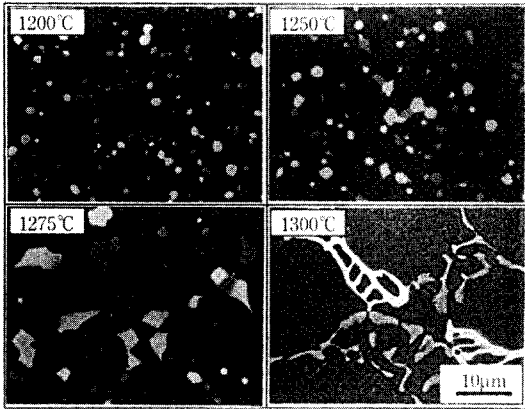


Fig. 8 Effect of quenching temperature on the shape of carbide of powder formed high strength steel (SKH57)

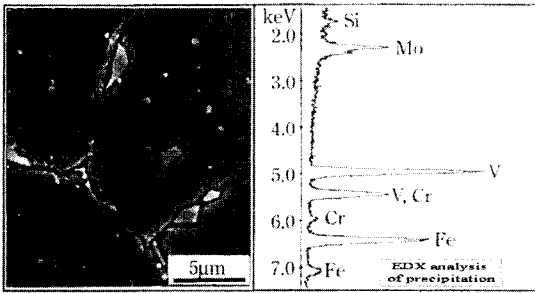


Fig. 9 Shape and chemical composition of grain boundary precipitated carbide

일반적으로 강은 오스테나이트화 온도이상의 고온으로 가열하면 탄화물이 내부에 고용하고, 가열온도가 높을 수록 미용용 탄화물이 감소한다. 그 때문에 파손 사고 등이 생겨 금형에 대하여 현미경조작을 관찰하면 이 미용용탄화물의 양에 따라 퀴칭 온도의 예측도 가능하다.

그러나 고속도 공구강에 함유하는 M_6C 나 VC 는 열적으로 아주 안정하기 때문에 용점에 이르기 까지 모든 탄화물이 고용될 수 없어서 퀴칭온도의 상승함에 따라서 응집현상이 생긴다. 일례로서 그림 8 에 분말 하이스(SKH57 상당품)의 퀴칭온도에 따르는 탄화물의 형상변화를 보인 것이다. 1250°C에서 응집현상이 시작되고 또 조대화하고, 1300°C의 경우에는 이상한 형상을 띠고 있다. 이 탄화물은 종래의 퀴칭 후에 존재하는 탄화물과는 상의 조성도 전혀 다르게 되어 있으며 VC+M₂C로 되어 있다. 이 M₂C는 고속도 공구강의 용융→응고의 과정에서 생기는 탄화물로서 이 퀴칭 온

도에서는 결정립계가 부분 용융되는 것이 예상된다. 이 현상은 온도 영역은 다르지만 녹여서 만든 고속도 공구강에서도 생기기 때문에 퀴칭 온도의 설정에는 충분한 주의가 필요하다.

이와 같은 탄화물의 응집은 열 CVD 를 실시한 분말하이스체의 금형에서도 흔히 문제가 되는 것이다. 열 CVD 처리온도는 1000~1100°C정도 이지만 처리시간이 수시간이라는 것과 분말하이스에 함유하는 탄화물은 미세하기 때문에 용제 하이스보다 저온형으로 고용되기 쉬운 것, 열 CVD 후에 반드시 퀴칭을 하는 것, 상황에 따라서는 열 CVD 전에도 퀴칭을 할 경우가 있는 등 고온에 장시간 그대로 두기 때문이기도 하며 이 탄화물의 응집에 의해 사용중인 조기 파손에 이른 사례가 있다. 이와 같은 경우에는 퀴칭 온도를 보통보다 낮도록 설정하는 등의 연구가 필요하다.

3.5 퀴칭에 동반되는 탄화물의 석출

퀴칭에 의해 탄화물이 고용하는 것은 전술했지만 퀴칭냉각과정에서 탄화물의 석출을 가져오는 일이 있다. 이 현상이 생기는 것은 퀴칭시의 냉각속도가 늦을 때이며 고속도 공구강이나 열간 다이스강에서 흔히 문제가 된다. 특히 열간 다이스강은 다이캐스팅용으로서 대형 금형으로 쓰이는 일이 많고 퀴칭 냉각속도가 불충분하게 되는 일이 있다. 퀴칭 냉각속도가 느리면 결정립계에 탄화물이 석출되기 쉽고 사용 중에 조기파손의 원인도 된다.

이를 테면 1050°C에서 로 중 냉각을 행한 SKD61 은 그림 9 에 보이는 것 같이 결정립계에 따라서 수 µm 의 크기의 탄화물이 석출되어 있으며 취화되고 있다는 것을 알 수 있다. 또 이때 경도 및 템퍼링(550°C, 2h) 후의 경도는 54.5HRC 로 얻어지며 경도검사로는 판정할 수 없는 상태로 되어 초기손상을 놓치기 쉽다.

SKD61 에 있어서 퀴칭 후에 존재하는 통상의 미용용 탄화물은 Cr 을 주성분으로하는 구상으로 미세한 (Cr, Fe)₇C₃ 이다. 그러나 이 석출한 탄화물은 V 이나 Mo 을 주성분으로 하는 경질조대환 것이며 더구나 각상을 띄고 있는 것으로서 금형의 인성을 낮추는 것이 확실하다.

4. PVD, CVD 에 관련한 손상

금형의 특성개선 또는 특성을 부여할 목적으로서 여러가지의 코팅기술이 도입되고 있다[1]. 특히

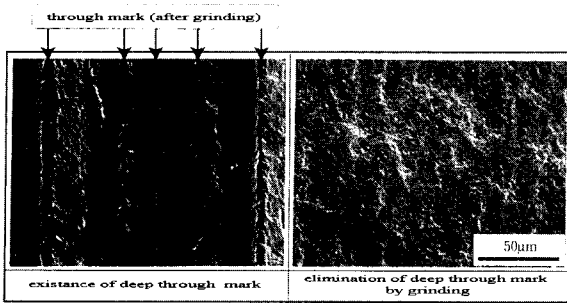


Fig.10 Surface of TiC/TiCN/TiN thin film coated by heat CVD

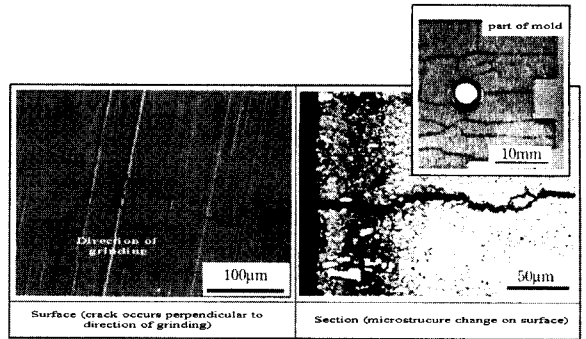


Fig.12 Crack formation on surface of mold (SKD11)

또 그림 11 에 이온 플레이팅에 의해 TiN 코팅한 사출성형용 펀치인 경우는 피막의 박리는 관찰되지 않으나, 쓰루마크가 기점이 되어 미세적인 균열이 발생하고 있다. 이것은 어느 것이나 쓰루마크의 존재가 문제가 되는 것이다. 이 경우에도 코팅하기 전에 미리 연마가공 등을 할 필요가 있다.

5. 후가공에 관련된 손상

금형의 대다수는 켄칭과 템퍼링으로 되어 있으며 그 외에 켄칭과 템퍼링후에는 최종마무리 가공으로서 연삭가공 또는 연마를 행하고 있다. 또, 기계가공이 곤란한 형상을 갖는 금형이나 켄칭 변형의 수정이 곤란한 금형 등의 경우에는 켄칭과 템퍼링 후 또는 프리하든강에 형과기 방전가공이나 와이어 컷트 방전가공이 흔히 이용되고 있다.

이것들은 어느 것이나 최종공정에 실시 되기 때문에 금형의 특성에 중대한 영향을 미치는 일은 당연 하지만 초기 손상이 발생했다는 것은 대단히 큰 문제라고 판단된다.

5.1 SKD11 연삭 깨어짐

연삭가공이 파괴의 기인이 되는 예는 비교적 적으나 냉간성형용 금형에 널리 쓰여지고 있는 SKD11 은 금형용 강중에서 가장 연삭 깨어짐이 잘 일어나므로 주의가 필요하다. 일례로서, 그림 12 에 SKD11 으로 제작 금형에 발생한 연삭 깨어짐의 사례를 보이고 있다. 이때의 열처리조건은 1030℃ 켄칭 후 170℃ 템퍼링하였다.

연삭상에 따라 거의 직각의 균열이 생기고 있으며 이것은 연삭 깨어짐 특유의 형태이다. 단면 조직에서 분명하게 알 수 있는 것과 같이 연삭 열에 의해 표면이 가열되기 때문에 발생한 것이

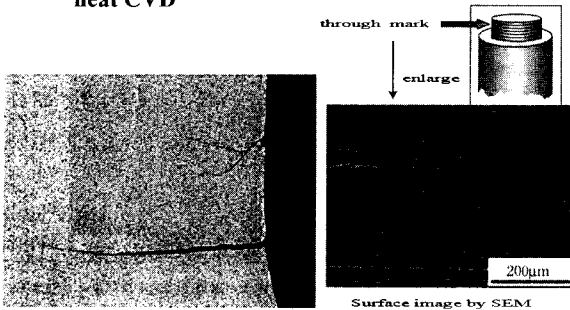


Fig.11 Crack started from through mark in punch for cold forging (matrix : powder formed high strength steel)

PVD 나 CVD 에 의해 생성되고 있는 경질막의 도입은 금형을 둘러싼 과제 해결에 일조하고 있으며 그 효과는 확실하게 실증되고 있다. 이를테면 고온 내산화성에 뛰어난 TiAlN 막이나 윤활성에 뛰어난 DLC 막을 도입하는 것에 의해 윤활제의 절감방법을 생각하고 있으며 최근에는 DLC 막을 이용한 마이크로 금형에 적용하고[2] 무윤활 가공에 관한 연구개발 사례도 증가하고 있다[3].

경질막을 도입할 때에 유의 해야 할 일은 금형의 표면형상에 대한 배려이다. 특히 사용조건이 과혹한 연삭가공에서의 도입을 검토할 경우에는 기계가공시의 쓰루마크가 균열발생의 기점이 되기 때문에 연삭가공이나 연마에 의해 제거할 필요가 있다.

일례로서 그림 10 에 표면상태는 다른 고속도공구강에 열 CVD 에 의해 생성한 TiC/TiCN/TiN 막(최표층)의 표면상태를 보인 것이다. 깊은 쓰루마크가 존재할 경우에는 쓰루마크에 따라서 깊은 도랑이 형성되어 있으며 사용 중에 고면압이 가해지면 손상의 기점으로 될 것이 예상된다. 더구나 열 CVD 후 에 연마를 해도 이 도랑은 잔존하기 때문에 열 CVD 처리 전에 미리 연마를 하는 것이 필수이며 쓰루마크의 문제를 해결하지 않으면 안된다.

며 그 원인으로서는 연삭숫돌의 마멸이나 가공속도가 빨라 지는 것 등이 예상된다.

즉 이 열처리 조건인 때의 SKD11 의 금속조직은 마르텐사이트(α')+복탄화물+잔류오스테나이트(γR)이며 표면 부근에 있어 가열에 의한 $\gamma R \rightarrow \alpha'$ 의 팽창 반응이 일어났기 때문에 균열이 발생한 것이다. 그 때문에 γR 양이 많을 수록 즉 퀴칭 온도가 높은 것일 수록 연삭날 깨어짐이 생기기 쉽다.

연삭날의 깨짐을 방지하기 위해서는 적절한 숫돌이나 가공조건을 선정하는 것은 당연하지만 금형 재료로서는 γR 가 잔류하지 않아야 한다. 전술한 바와 같이 γR 의 존재는 여러가지의 폐해를 가져오기 때문에 대책으로서는 퀴칭 후에 서브제로 처리를 하든지 500℃ 이상의 고온 템퍼링이 행해지고 있다.

5.2 방전가공에 의한 변질층

퀴칭과 템퍼링 후에 형만들기나 와이어컷트 등의 방전가공을 하는 예가 있으나 이 가공부에서 깨어짐이 발생하고 사용 중에 균열이 많이 발생한다. 균열 발생의 원인은 가공면이 용융하여 약한 마르텐사이트+잔류오스테나이트 조직으로 되기 때문이다.

특히 방전가공조건이 가혹한 경우에는 이 가공변질층에 이미 초기 손상으로 균열이 생긴 것도 있기 때문에 적절한 가공 조건의 선정은 중요하다. 대책으로서는 방전가공 후에 연마 등에 의한 변질층의 제거나 재템퍼링을 하면 좋지만 움푹들어간 장소는 연마의 잔류물이 생기기 쉽기 때문에 제품의 사용조건에 의해서 충분한 고려가 필요하다.

일례로서 그림 13 에 형만들기 방전가공한 금형에 있어서의 초기손상 및 사용 중에 파손된 제품의 단면조직을 보였다. 초기 손상 발생품은 가공 시간단축을 위해서 과격한 방전조건으로 고속 가공한 것이다. 표면에서 깊이 50 μm 이상까지 변질층과 그 안에 다수의 균열이 관찰된다.

또, 연마 잔류물의 원인으로 균열이 발생한 것은 냉간 단조용 금형이며 단시간으로 파손된 것이다. 이 금형은 기계가공이 곤란하기 때문에 형만들기 방전가공으로 성형한 후 연마하여 제작하고 있다. 표면상은 거의 경면이며 문제는 인정되지 않았지만, 단면조직을 관찰해 보면 움푹한 장소에 많은 변질층이 존재하고 있어 이 장소에는 그림 13 에서도 밝힌 바와 같이 사용시에 생겼다고 여겨지는 균열이 관찰되었다.

그림 14 는 와이어 컷트 방전가공금형의 단면을

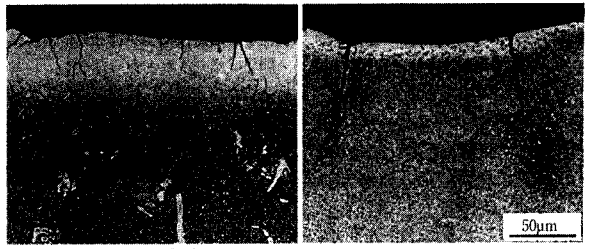


Fig.13 Crack formation from changed microstructure layer manufactured by electricity discharge

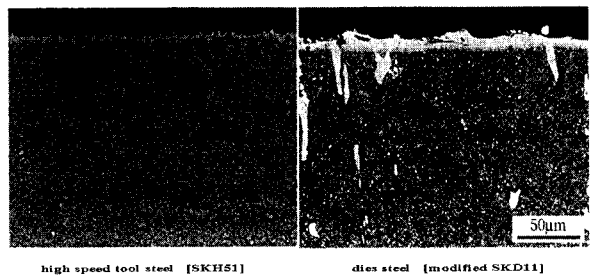


Fig.14 Changed microstructure layer manufactured by electricity discharge wire cutting

보인 것으로 변질층은 얇게 균열발생이 확인되지 않는다. 그러나 와이어컷트 제품도 변질층에서 발생한 균열에 기인한 것으로 되어 파손에 이른 사례도 있기 때문에 도입할 경우에는 주의를 요한다.

6. 결 론

금형에는 많은 종류가 있고 사용조건도 다르기 때문에 발생하는 손상도 여러 가지로 다양하다. 그 때문에 본 원고에서는 냉간금형에 대하여 비교적 눈에 띄기 쉬운 손상 사례를 소개하였다.

단, 온열장 금형에 관한 손상에 대하여는 기술하지 않았지만 가열 체크 등 고온 사용 특유의 손상이 있으며 그 대책으로 표면처리가 적용되고 있다[4].

본 논문은 한국소성가공학회와 일본소성가공학회의 번역 게재 협정에 의하여 저자의 허락을 생략하고 번역하여 게재합니다.

참 고 문 헌

- [1] N. Nihira, 機械と 工具, 42-3 (1998), 26-31.
- [2] 楊明, J. of the JSTP, 47-546 (2006), 558-563.
- [3] 片岡征二, J. of the JSTP, 47-546 (2006), 569-573.
- [4] 室重昌史, 熱處理, 41-1 (2001), 353-359.