

티타늄: 엄청난 잠재력을 지닌 첨단 소재



강도와 특정 중량의 비율이 좋기 때문에 티타늄 합금은 항공기의 경량 구조에 자주 사용됩니다.

효율적인 가공을 위한 맞춤형 프리미엄 공구

원래 군용 정찰기의 엔진이나 기체에만 사용되고 있던 티타늄은 그 뛰어난 특성으로 인해 오래전부터 우리 일상생활에 없어서는 안 될 소재가 되었습니다. 민간 항공기 부품부터 스마트폰, 노트북 케이스, 골프 클럽 등 스포츠 용품, 시계 및 보석, 심지어 의료용 임플란트에 이르기까지 주로 첨단 기술과 고급 제품에 사용되고 있습니다. 그러나 경금속 가공에는 어려움이 있었습니다. 하지만 올바른 가공 전략과 조정된 절삭 공구가 있으면 비용 효율적인 가공이 가능합니다.

"티타늄은 일종의 '슈퍼 소재'입니다."라고 함부르크 공과대학(TUHH)의 생산 관리 기술 연구소(IPMT)의 생산 공학 교수인 Jan Dege 공학 박사는 말합니다. "티타늄 합금은 강도와 비중의 유리한 비율로 인해 항공의 구조적 구성 요소와 같은 경량 구조물에 특히 인기가 있습니다. 가벼운 금속은 강화 강철과 거의 같은 강도를 가지고 있지만 40% 이상 가볍습니다. 티타늄은 또한 내열성과 내식성이 매우 뛰어납니다. 산화막이 금속을 부동태화하여 염소 가스, 해수, 알칼리성 용액, 알코올 및 차가운 산과 같은 공격적인 매체에 대한 높은 내식성을 제공합니다. 또 다른 귀중한 장점은 생체 적합성입니다. 티타늄으로 만든 임플란트는 일반적으로 면역 거부 반응을 일으키지 않습니다."

티타늄은 비교적 젊은 소재입니다. 1791년 영국인 윌리엄 그레고르가 발견했고, 1944년에야 대량 생산이 가능해졌습니다. 그 이후로 전 세계적으로 확장되었습니다. 20년 전만 해도 전 세계적으로 약 60,000톤의

금속 티타늄이 가공되었고, 10년 전에는 143,000톤이었고, 오늘날에는 거의 300,000톤이 소비되는 것으로 추산됩니다. 게다가 티타늄은 희귀 금속이 아닙니다. 0.565%의 점유율로 지각에서 9번째로 흔한 원소입니다. 즉, 일반적으로 쉽게 구할 수 있다는 뜻입니다.



에너지- 집약적 생산

그렇다면 왜 티타늄은 종종 하이테크 및 고급 응용 분야에만 사용됩니까? "티타늄은 매우 비쌉니다. 이는 복잡한 제조 공정 때문입니다." Jan Dege가 설명합니다. "이 재료는 순수한 금속 형태로 발견되는 경우가 드뭅니다. 에너지 집약적인 Kroll 공정을 사용하여 일메나이트 또는 루틸 광물에서 추출한 다음 반복적인 재용융을 통해 기술적으로 사용 가능한 금속으로 추가로 가공해야 합니다. 즉, 티타늄 합금 Ti-6Al-4V를 생산하는 데 kg당 약 108kWh가 필요합니다. 이는 알루미늄 합금(kg당 17kWh)을 생산하는 데 필요한 에너지의 6배입니다. 원자재 가격이 그에 따라 높을 뿐만 아니라 티타늄의 CO2 배출량도 높습니다."

따라서 티타늄을 재활용하는 것은 경제적으로나 환경적으로 매우 현명합니다. 그러나 여기에는 문제가 있습니다. 오늘날, 특히 항공 우주 산업에서는 많은 티타늄 부품이 플레이트 재료 또는 자유 단조 반제품에서 밀링 됩니다. 가공 공정 중에 산화, 냉각 윤활제 잔류물, 이물질 및 공구 입자가 칩을 심하게 오염시켜 재활용이 어려워집니다. 따라서 칩은 높은 수준으로 재활용되지 않고 철강 생산의 첨가제로 자주 사용됩니다. 한편, 순수 티타늄은 재료 사이클로 완전히 되돌릴 수 있습니다. 재활용은 크롤링 공정으로 제조된 원래의 티타늄과 함께 재용해 하여 수행됩니다.

정교한 가공

티타늄의 사용이 제한되는 또 다른 이유는 어려운 가공 요구 사항입니다. 티타늄은 가공이 어려운 재료 중 하나입니다. 가공의 첫 번째 장애물은 높은 인장 강도와 낮은 열전도도의 조합입니다. 전자는 공구의 절삭날에 큰 기계적 스트레스를 가져오고, 후자는 공구에 현저한 열 부하가 걸립니다. 이는 강철과 달리 공작물이나 칩을 통해 방출되는 열이 매우 적기 때문입니다. 동일한 절삭 속도에서 티타늄을 가공할 때의

온도는 강철을 가공할때의 두 배가 될 수 있습니다."칼날의 열 부하를 줄이기 위해 절삭 속도는 일반적으로 $v_c = 60-90 \text{ m/min}$ 으로 떨어진다. 증가합니다. 이로 인해 절단 공정의 생산성이 크게 제한됩니다."라고 Jan Dege는 말합니다.



티타늄은 의료기술이나 치과 기술 등 지금 우리의 일상생활에 빠뜨릴 수 없는 것이 되고 있습니다. 그러나 가공은 쉽지 않고 맞춤형 고급 공구가 필요합니다.

CemeCon의 라운드 툴 제품 매니저 Manfred Weigand는 "특히 고온에서 티타늄이 접착되는 경향은 가공을 더욱 어렵게 만듭니다. 냉간 용접된 티타늄은 공구 절삭날에 달라붙습니다. 또한 칩과 함께 떨어져 나가면 접착력이 느슨해질 뿐만 아니라 코팅과 기판의 일부도 벗겨질 수 있습니다. 이로 인해 절삭날에 미세 칩이 발생하여 최악의 경우 공구에 손상이 올 수도 있지만 적어도 마모가 증가합니다."라고 덧붙였습니다.

게다가 모든 티타늄이 똑같은 것은 아닙니다. 널리 사용되는 α - β 합금 Ti-6Al-4V 외에도 Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr 또는 Ti-10V-2Fe-3Al과 같은 β 합금이 항공우주 산업에서 점점 더 많이 사용되고 있습니다. 강도와 고온 경도가 높기 때문에 Ti-6Al-4V에 비해 공구 마모가 더 심해지고 절삭 속도와 이송 속도가 더욱 감소합니다. 예를 들어 다른 티타늄 합금은 의료 기술 및 임플란트에 사용됩니다.

정확하게 조정된 모든 파라미터



„일반적으로 티타늄 가공과 관련된 주요 과제는 처음에는 어려울 것입니다. 그러나 모든 매개 변수를 아는 사람들에게는 매우 유리합니다. 사용하는 합금이나 공작 기계에 맞추어 미세 조정함으로써, 경제적인 가공 프로세스를 실현합니다“

Jan Dege 공학 박사, 함부르크 공과대학(TUHH) 생산 관리 기술 연구소(IPMT) 생산 공학 교수

여기서, 절삭 공구의 "보호 커버"로서의 코팅이 특히 중요합니다. 특히 실리콘을 포함하는 코팅은 티타늄 가공에서 다른 솔루션과는 확실히 다릅니다. 그 예는 HiPIMS 코팅 재료 SteelCon®을 기반으로 한 코팅입니다. Manfred Weigand는 다음과 같이 설명합니다. SteelCon®은 열에 대한 우수한 단열성을 발휘하고 공구에 열을 거의 통과시키지 않습니다. 이것은 티타늄 등과 같이 매우 열전도율이 낮은 소재에 특히 유리합니다. SteelCon®이 없으면, 고경도재를 가공할 때 필연적으로 발생하는 고온에 의해 초경합금이 취화되어 공구가 손상되어 버립니다.



전망: 생산 최적화를 위해

티타늄 부품 제조에서 CO2 배출량을 줄이고 자원을 절약하고 보다 경제적으로 생산하기 위해 특히 항공 우주산업에서는 니어넷 모양의 반제품 사용이 증가하고 있다. 이들은 정밀 단조 부품인 동시에, 적층 조형된 반제품이기도 합니다.

함부르크 공과대학 (TUHH)의 IPMT

함부르크 공과대학의 생산관리 기술연구소(IPMT)는 생산에 관한 기본적인 과제를 연구하고 산업 응용을 위한 모델, 방법, 프로세스를 개발하기 위해 노력하고 있습니다. 두 연구소 부서는 긴밀하게 협력하고 있습니다. 생산 관리 부문은 특히 생산 공정의 조직에 중점을 둡니다. 생산 기술 부문에서는 CFRP 및 티타늄과 같은 최신 산업 재료의 가공에 대한 혁신적인 공정이 연구되고 있으며, 특히 대형 제품의 가공 능력은 두드러집니다.

Jan Dege 엔지니어링 박사는 2022년부터 생산 공학 교수로 일했습니다. 이전에는 프리미엄 AEROTECH사(독일)에서 다양한 관리직을 역임했으며, 항공구조 부품의 고성능 가공용 공구와 공정, 기계의 개발과 설계에 종사해 왔습니다. 또한 대학의 연구와 산업 응용을 연결하는 역할을 수행해 왔습니다. 현재의 연구 분야는 특히 항공 우주 산업을 위한 기계 가공 제조 공정이다. 복합재료(CFRP, 알루미늄, 티타늄)의 수동 및 반자동 드릴 가공, 섬유 강화 플라스틱 부품의 트리밍과 연삭, 알루미늄 및 티타늄 합금의 고성능 밀링 가공 등입니다. 또한 Manufacturing Innovations Network(MIN)의 이사 이사 독일 연구진흥협회(DFG)와 Industrial Collective Research(IGF) 전문가이기도 합니다.

<https://www.tuhh.de/ipmt/das-ipmt>

티타늄

HiPIMS

SteelCon®

Premium tools

difficult-to-machine materials

의료 기술

항공기 산업

경량구조

항공산업

Smartphone and laptop case

IPMT of TUHH

Dr Jan Dege

Watchmaking Industry