KLEIN

Making materials work

고전압 충격파 기술
- 복잡한 내부 형상을 세척하는 유일한 솔루션

8th Korean Forming Technology Day

Lucas Grzelak
Managing Director

KLEIN 그룹

숫자로 보는 KLEIN

직원이 소유한
주식회사(AG)

1999년 설립

임직원
72명

매출
2,000만 유로

글로벌
네트워크

연구개발
센터

KLEIN 그룹

지속가능성

BRONZE | Top 35%
ecovadis
Sustainability Rating
AUG 2025

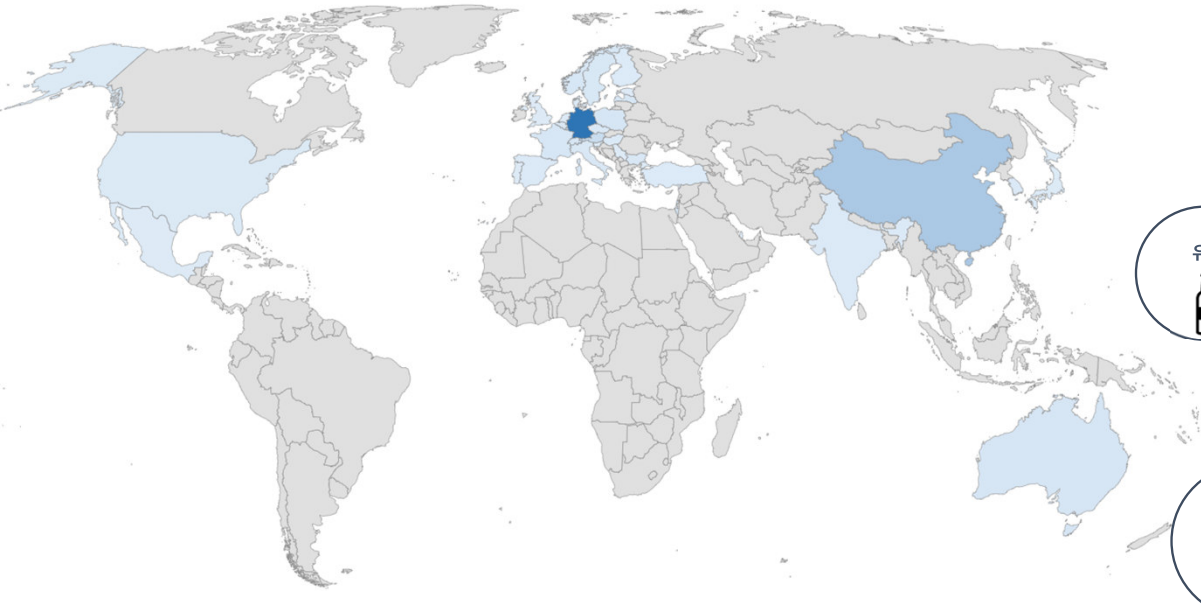
TÜVRheinland
ZERTIFIZIERT

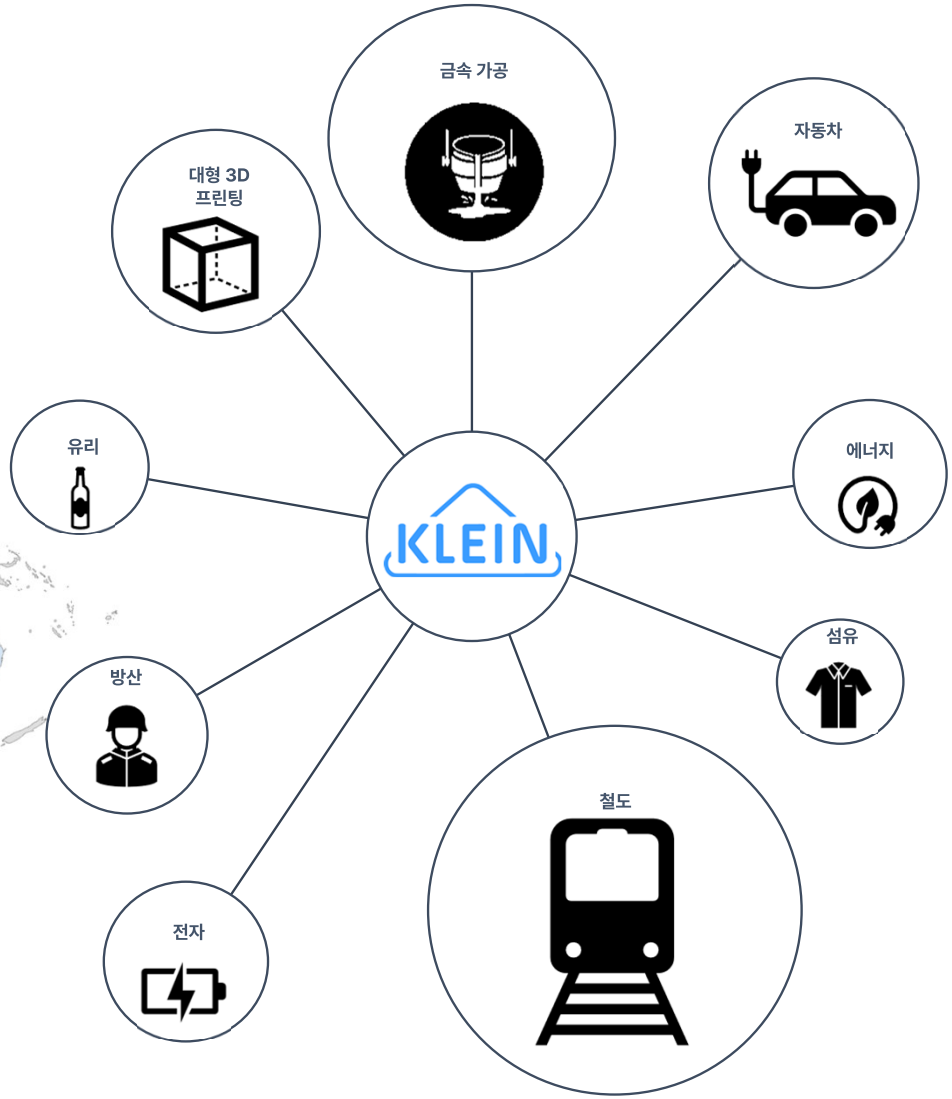
Management System
ISO 9001:2015
ISO 14001:2015
ISO 45001:2018

www.tuv.com
ID 9105037038

ÖKOPROFIT
Siegerland

주요 산업 분야





KLEIN 그룹

적용 분야

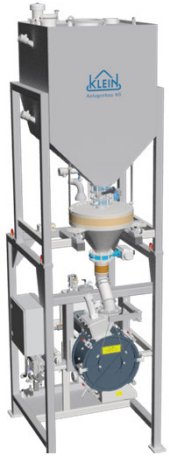
주조 설비

KLEIN - 주조 설비

공압 이송 시스템

중자사 혼합·계량

주물사 재생·재활용



KLEIN 그룹

적용 분야

모래 충전·
공급 시스템

재활용 기술

주조 설비

충격파 기술

분립체 핸들링

KLEIN 그룹

적용 분야

주조 설비

모래 충전·
공급 시스템

분립체 핸들링

재활용 기술

충격파 기술

충격파 테크놀로지

CERABITE®

CERABITE® - 작동 원리

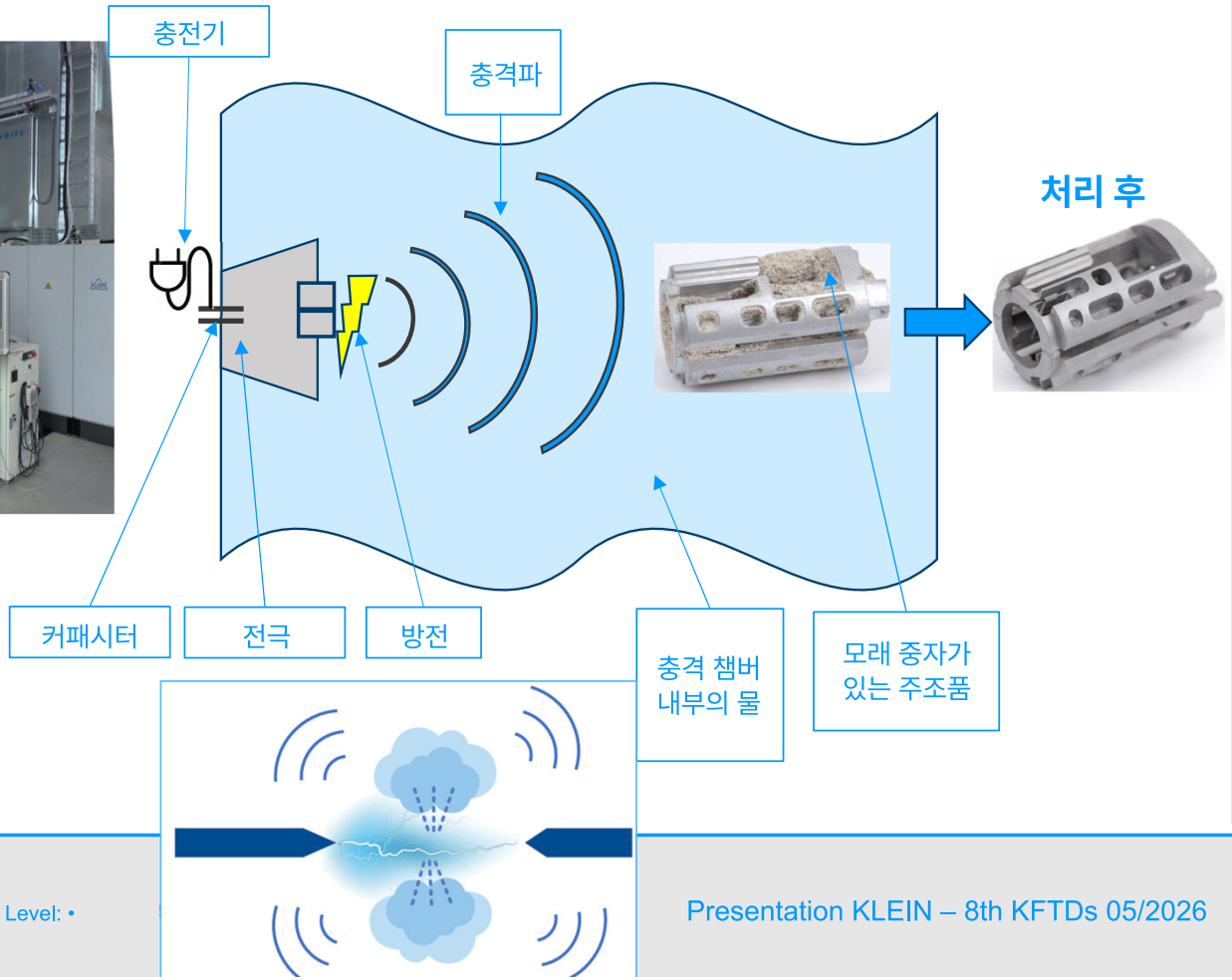
	번개
전압	100,000,000 V
전류	100,000 - 300,000 A
에너지	500만 - 2,000만 kJ
시간	30 µs = 0.000030 s

충격파는 번개의 원리를 활용합니다.
KLEIN의 **CERABITE®**는 전기에너지를
고전압 커패시터에 저장합니다.

출처: High Voltage Technology GmbH, Iserlohn

KLEIN 충격파 기술

작동 원리



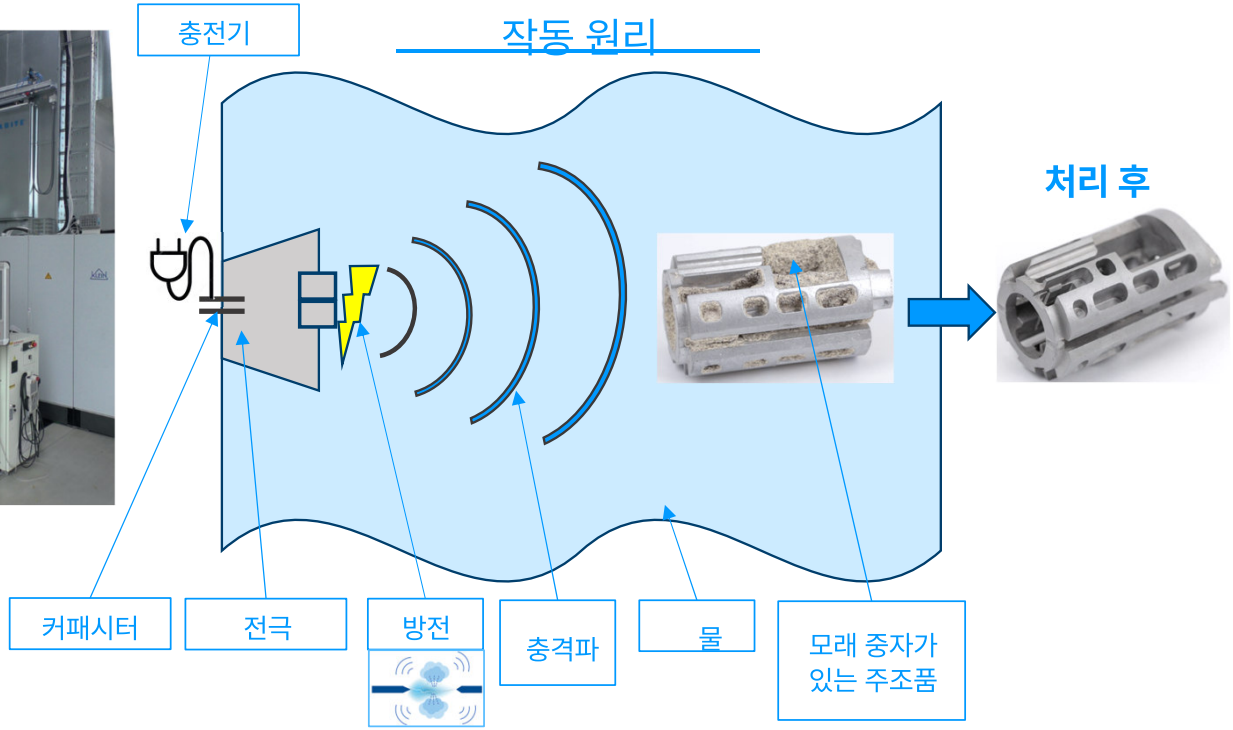
충전기가 전기에너지를
고전압 커패시터에 저장합니다.

충전이 완료되면 수조 내부의
전극이 에너지를 방출하며
충격파를 발생시킵니다.

충격파는 **수 마이크로초** 안에
약 900 bar의 압력에 도달합니다.

이 고전압 전기 펄스를
매초 연속 발생시킬 수 있습니다.

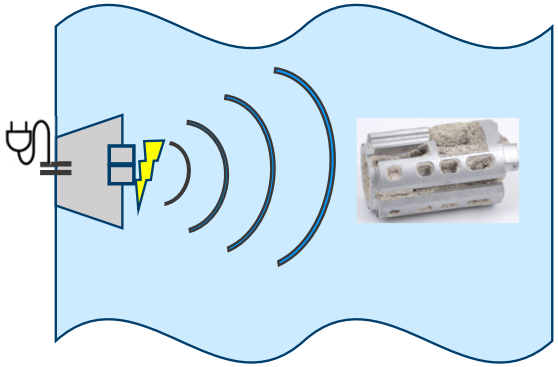
KLEIN 충격파 기술



주요 적용 분야

- **복잡한 주조품의 표면·내부 세척 중자 및 내부 잔류물 제거**
- **소재 처리**
- **전자제품 재활용을 위한 제어 파쇄**
- 다양한 산업 공정

KLEIN 충격파 기술

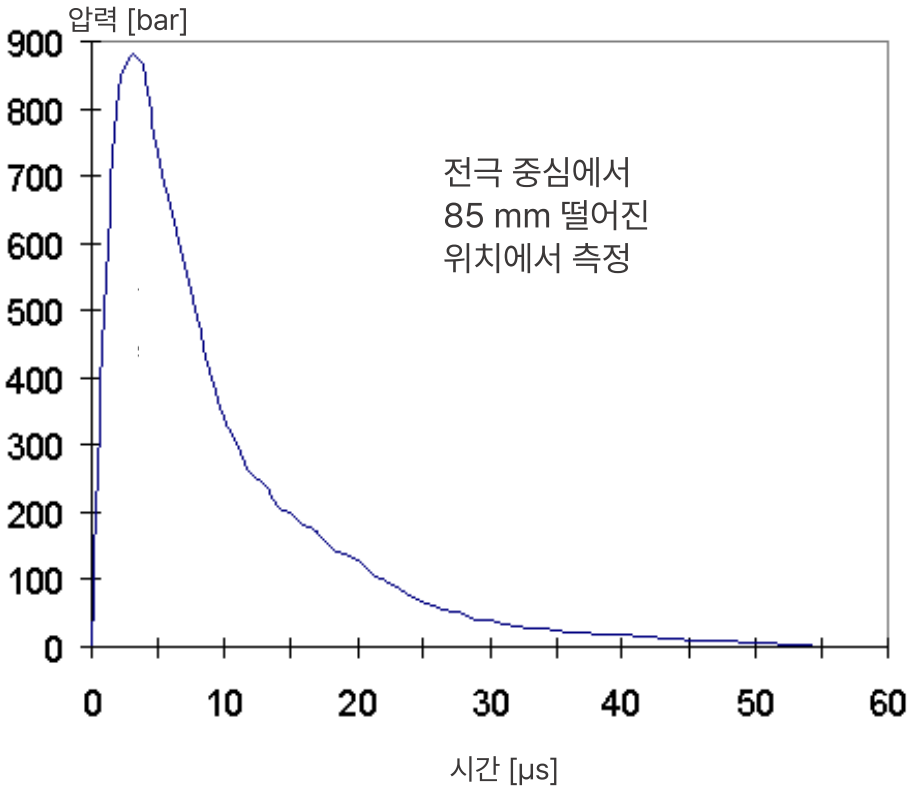


CERABITE® - 작동 원리

	번개	CERABITE®
전압	100,000,000 V	**37,000 V**
전류	100,000 - 300,000 A	**200,000 A**
충격파당 에너지	500만 - 2,000만 kJ	**1.97 - 10.92 kJ 조절 가능**
시간	30 µs = 0.000030 s	**10 µs = 0.000010 s**

출처: High Voltage Technology GmbH, Iserlohn

KLEIN 충격파 기술

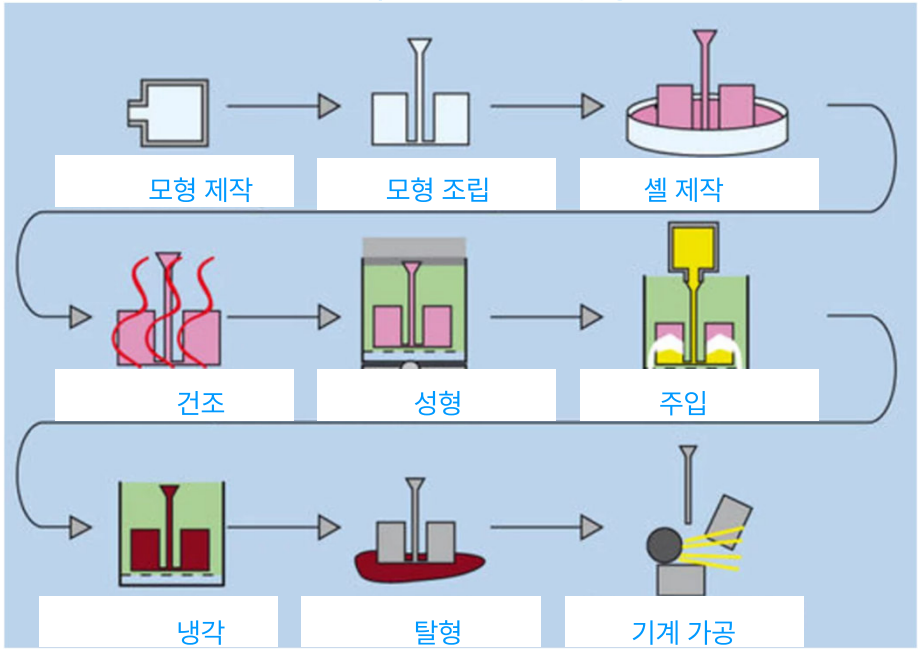


- 약 200 kA의 방전 전류로 10 µs(**0.000010초**) 이내에 충격파를 발생시킵니다.

- **약 1초 간격**으로 충격파를 **연속 발생시켜 일정한 압력**을 **유지합니다.**

KLEIN 충격파 기술
- 주조품 세척

예: 로스트폼 공정



KLEIN은 30년 이상 고전압 전기 펄스를
이용한 충격파 장비를 개발·생산해 왔습니다.

핵심 적용 분야는 복잡한 주조품의 세척입니다.

로스트폼 등 주조 공정에서는 모래·세라믹
중자와 금속 잔류물이 주조품 내부에 남습니다.

일반적인 물 세척으로는 모든 내부 공간에
도달하기 어려워 많은 주조품이 폐기됩니다.

**KLEIN의 충격파 기술은 이러한 주조품까지
깨끗하게 세척합니다.**

= 더 높은 생산 수율.

CERABITE® -
주조품 세척의 역할

- 복잡한 내부 형상의 **잔류 모래** 제거
- 실린더 헤드·엔진 블록의 내부 세척
무기 바인더 주물사에도 대응
- 로스트폼 주조품의 **세라믹층** 제거
- 복잡한 내부 공간의 **금속 칩** 제거
- **세라믹 중자** 제거

➔ **KLEIN 장비로 세척한 주조품, 3,000만 개 이상.**

주조품 세척 - 기존 공정

1. 기계식 탈사·중자 제거

진동·흔들림·해머 방식

2. 샌드·쇼트 블라스팅

모래 또는 스틸 쇼트 분사

3. 고압 워터젯 세척

1,000 bar 초과 고압수, 필요 시 연마재 사용

4. 열적 중자 제거

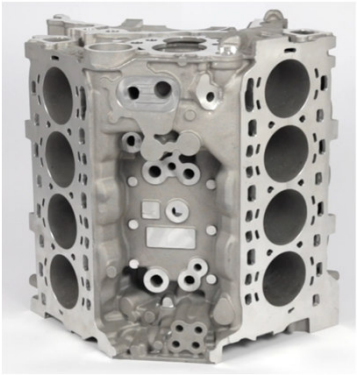
유기 바인더를 태워 모래를 분리

5. 화학적 중자 제거

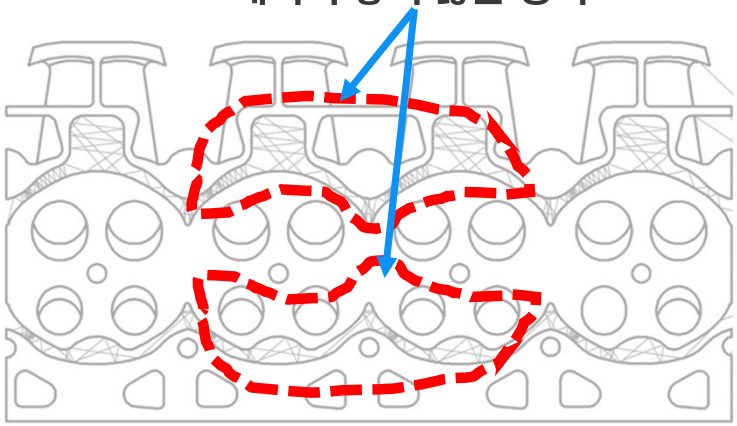
알칼리·산성 용액으로 바인더 잔류물 용해

6. 초음파 세척

정밀 주조품과 작은 유로에 적용



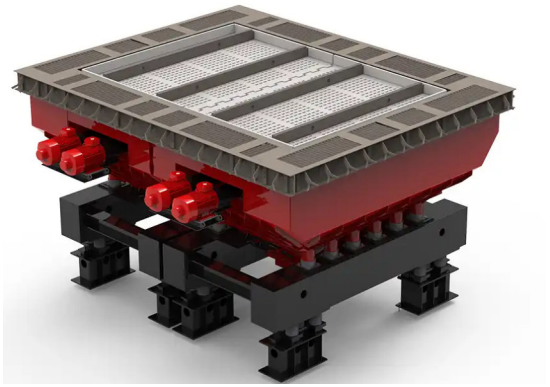
세척이 닿지 않는 영역

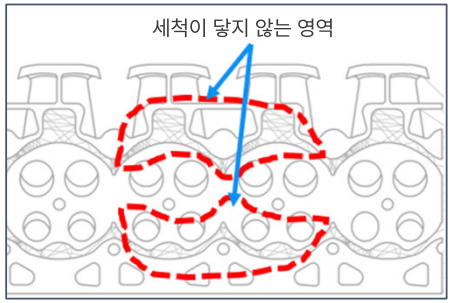


주조품 세척 - 기존 공정

1. 기계식 탈사·중자 제거

진동·흔들림·해머 방식





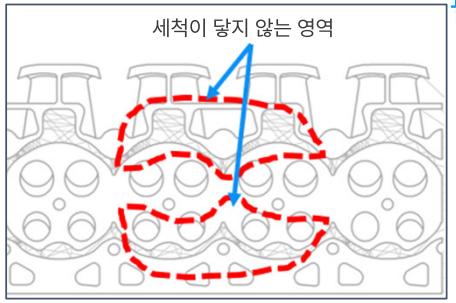
2. 샌드·쇼트 블라스팅

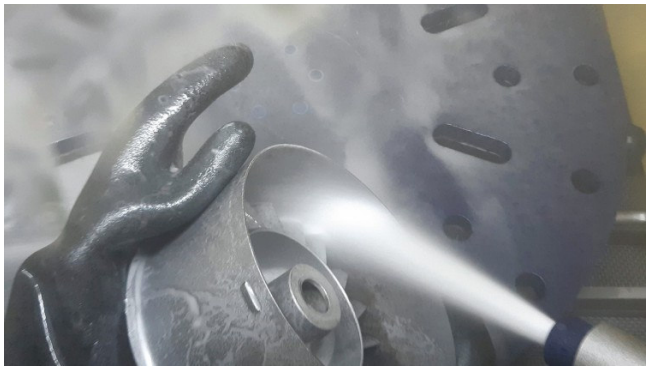
모래 또는 스틸 쇼트 분사

주조품 세척 - 기존 공정

3. 고압 워터젯 세척

1,000 bar 초과 고압수
필요 시 연마재 사용





4. 열적 중자 제거

유기 바인더를 태워 모래를 분리

주조품 세척 - 기존 공정

5. 화학적 중자 제거

알칼리·산성 용액으로 바인더 잔류물 용해

6. 초음파 세척

정밀 주조품과 작은 유로에 적용

주조품 세척

그런데, 이런 경우라면?

... 유로 안의 중자가 **끝까지 제거되지 않는다면**

... 블라스팅이 **좁은 유로까지 닿지 않는다면**

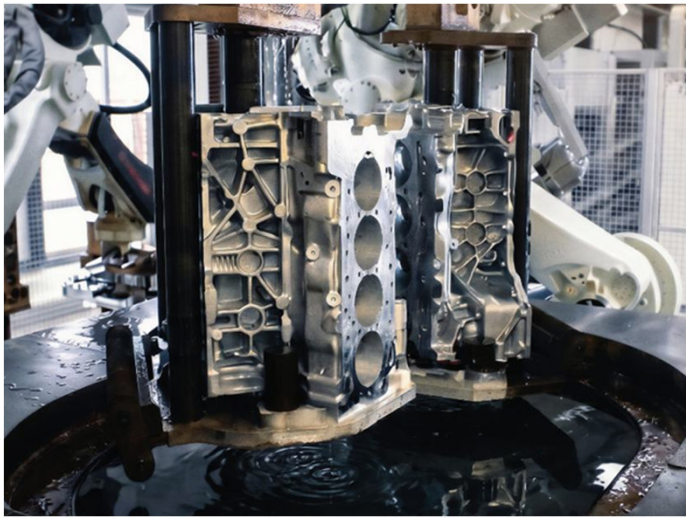
... 고압수가 두 번째 굴곡을 지나며 **힘을 잃는다면**

... 열적 중자 제거를 **양산에 적용할 수 없다면**

... **충분한 화학 세척 시간이 없고**, 폐수 처리도 부담이라면

... 초음파의 **힘이 충분하지 않다면**

높은 불량률을 감수할까요, 설계를 바꿀까요?



주조품 세척

또 다른 가능성을 생각해 보세요.

... **폐기도 설계 변경도 필요 없는**, 세 번째 선택

... **더 복잡한 형상**을 구현하는 설계

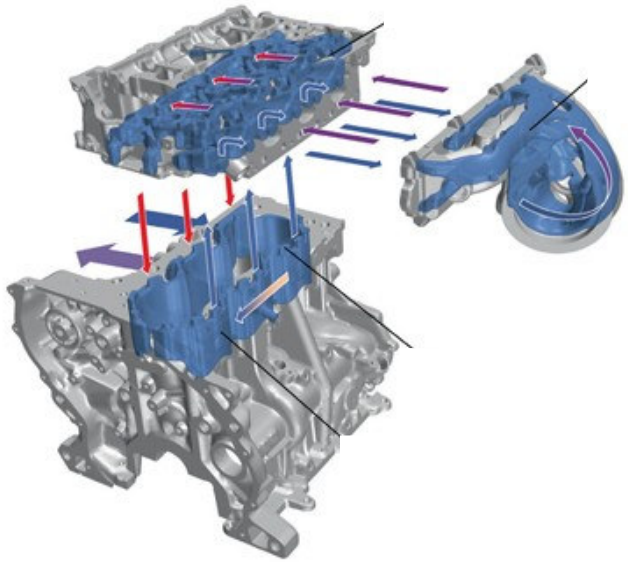
... **더 높은 제품 효율**

... 로스트폼·코팅 공정에서 **남은 잔류물까지 제거**

... 세척과 동시에 **금속 표면 경도 향상**

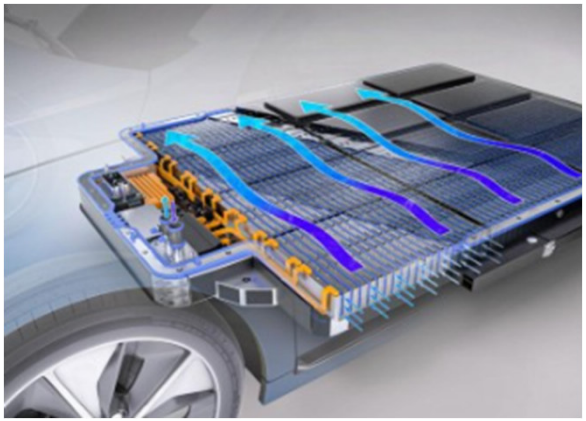
적용 사례 - 형상의 최적화

내연기관 워터 재킷에 **더 많고 미세한 냉각 유로**를 설계하면 **온도 분포를 개선**할 수 있습니다.
이는 더 높은 부하 대응과 엔진 노킹 감소로 이어집니다.



또는

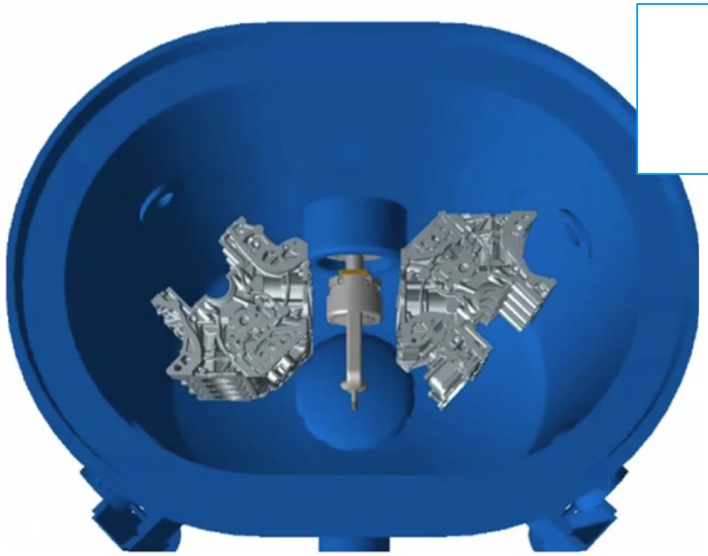
배터리와 전자부품의 냉각 성능을 높여 **제품 성능을 개선**합니다.



KLEIN 충격파 기술

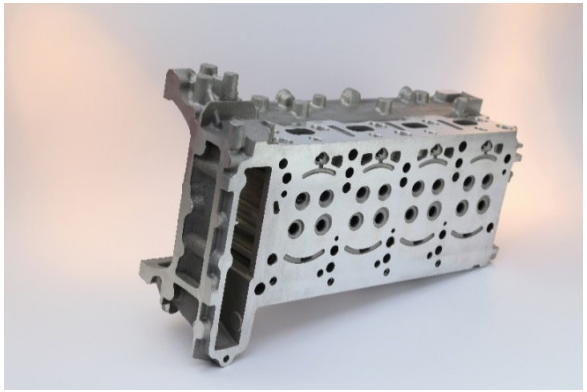
- 주조품 세척

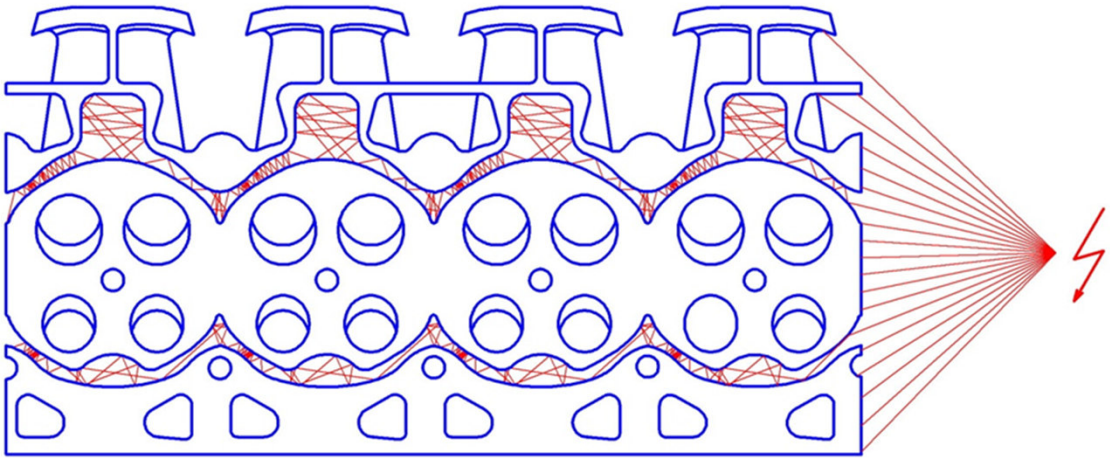
- 내부 중자·잔류물 제거
- 코팅 제거



충격 챔버
벽 두께
40 - 60 mm

수조 용량: 800 - 1,000 L
총중량: 약 4톤

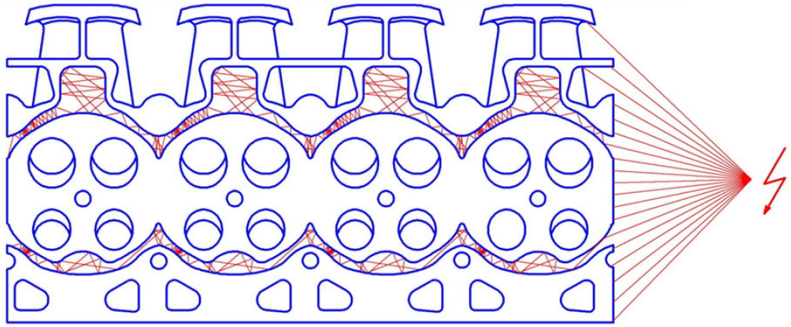




충격파의 물리적 효과

• 물과 금속의 음속 차이로 충격파가
주조품 내벽에서 반사됩니다.
내부 공간 곳곳에 도달하면서
불순물을 부수고 분리합니다.

• 충격파 직후 **빠르게 흐르는 물**이
내부를 씻어 내며, 끼어 있는
금속 칩을 떨어뜨립니다.

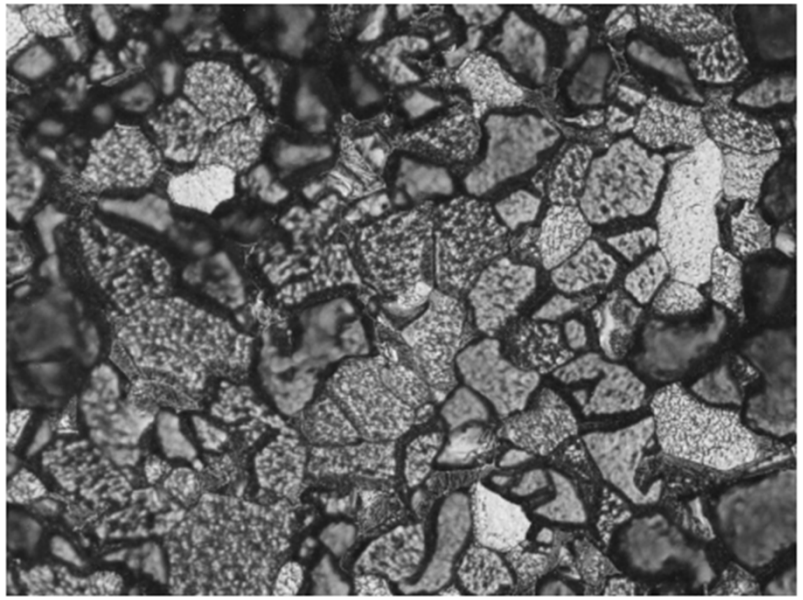


충격파의 물리적 효과

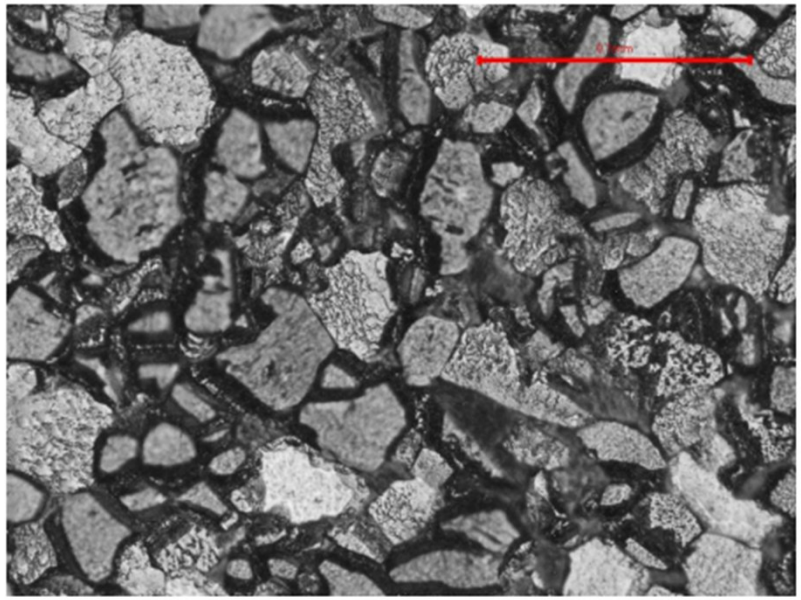
- **추가 효과**

금속 표면 경도가 **최대 30% 향상**됩니다.

처리 전



처리 후



깊이 3 mm에서의 금속 미세조직

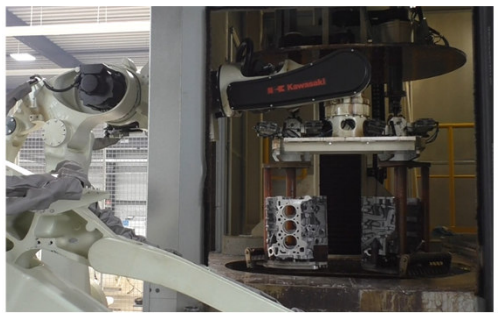
KLEIN 충격파 기술

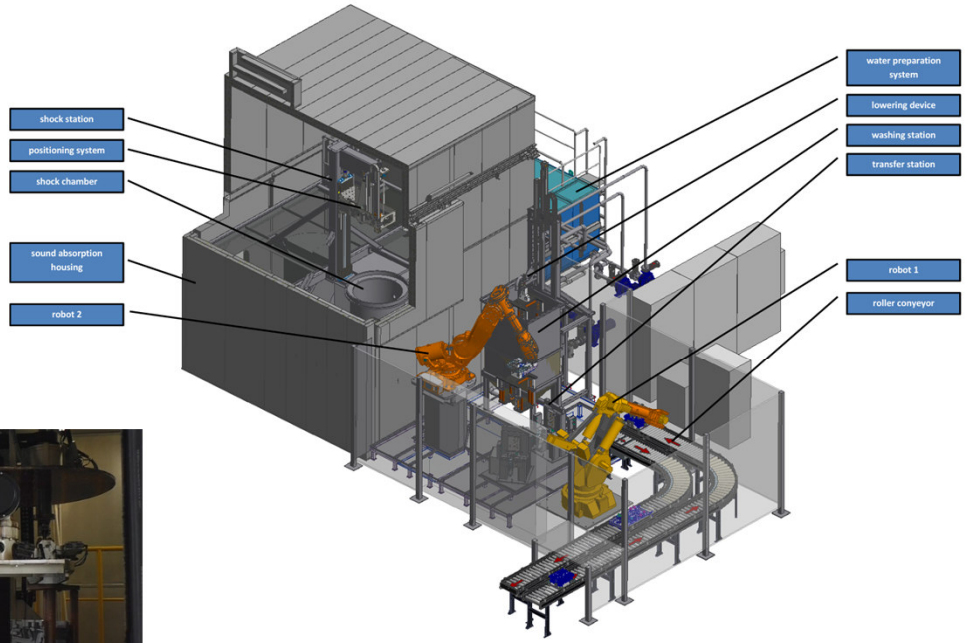
- 주조품 세척

- 내부 중자·잔류물 제거
- 코팅 제거

처리량

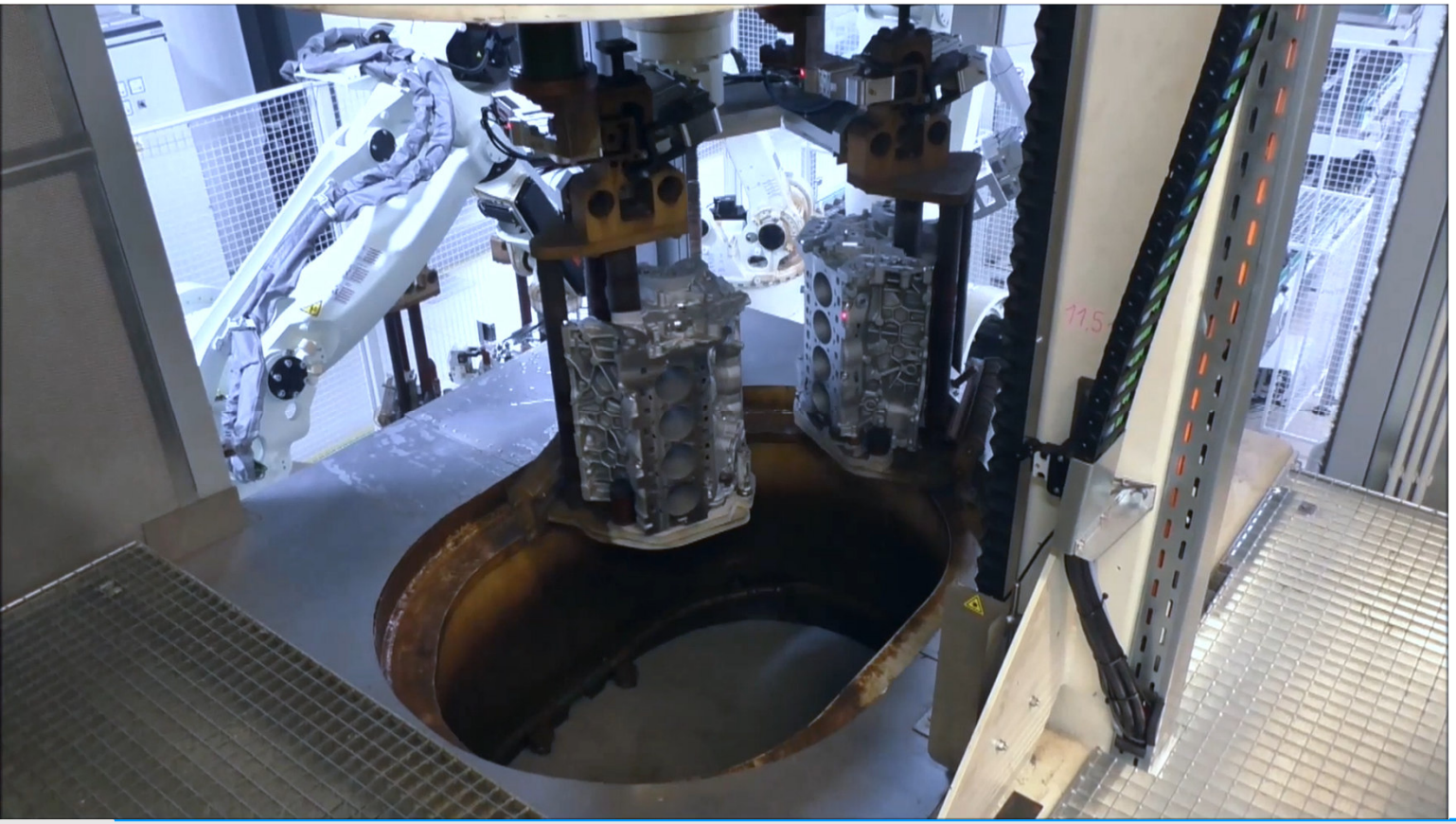
시간당 실린더 헤드 최대 140개

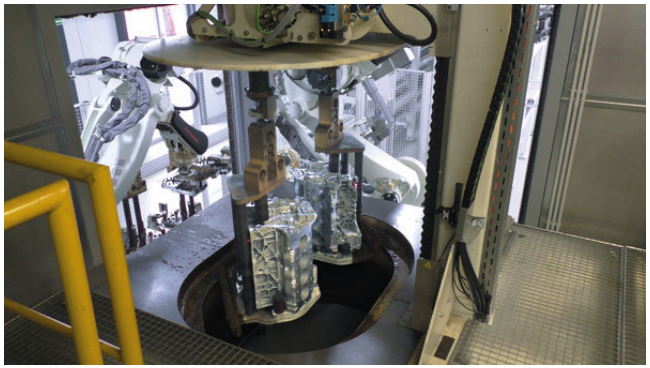


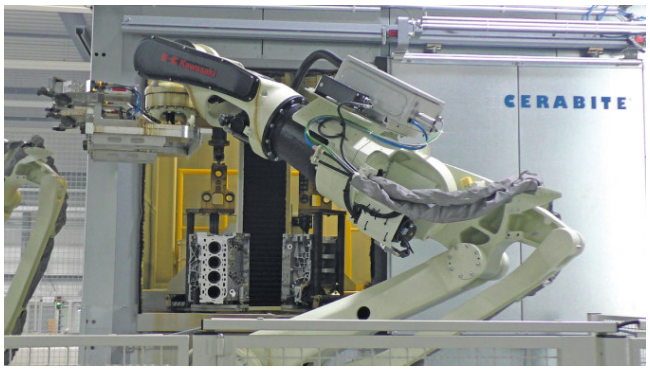


KLEIN 충격파 기술

- 주조품 세척



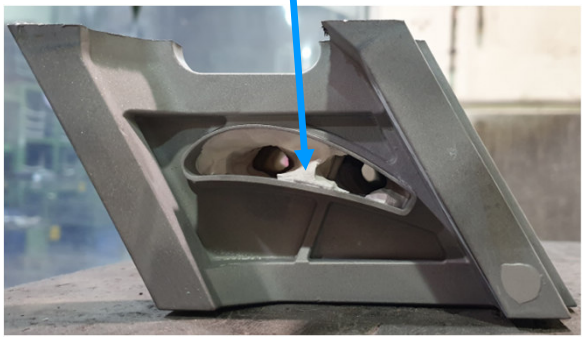


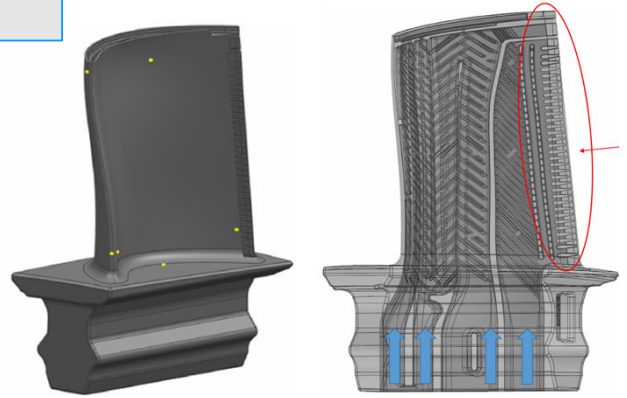


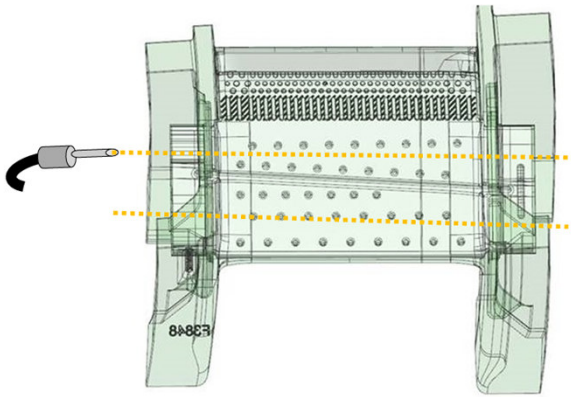
KLEIN 충격파 기술

- 주조품 세척

제거가 필요한 세라믹 중자

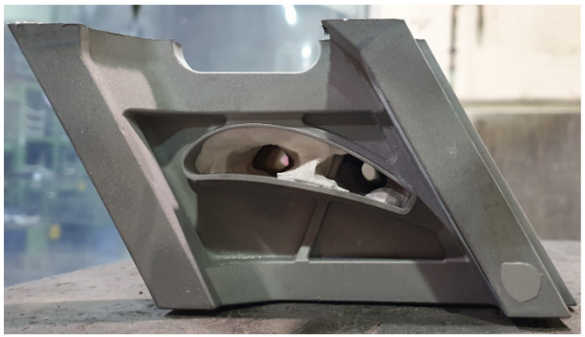






KLEIN 충격파 기술

- 주조품 세척



적용 전

충격파 기술 적용 전

➔ 각 부품을 알칼리 용액으로 전처리했습니다.

결과

48시간 후에도 잔류물이 남아 추가 세척이 필요했습니다.

적용 후

충격파 기술 적용 후

➔ 전처리가 필요 없습니다.

결과

1분 만에 세척 완료.

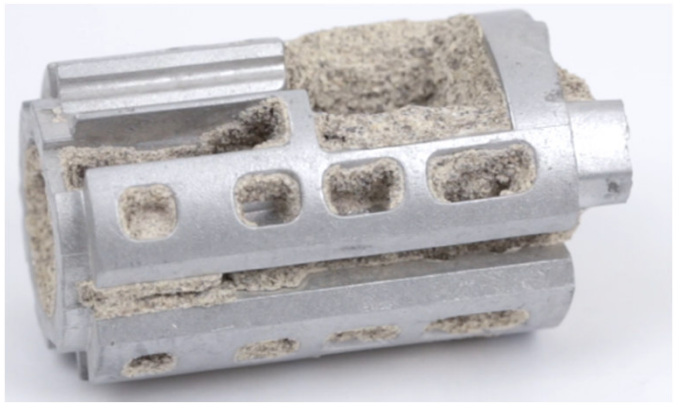
➔ **생산량은 높이고, 공정 비용은 낮춥니다.**

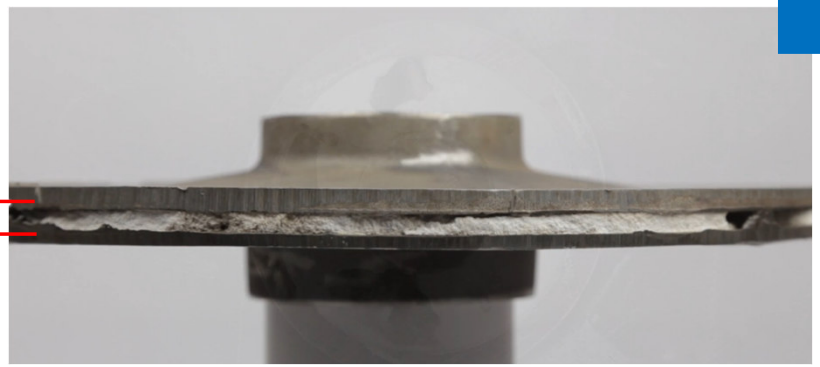
KLEIN 충격파 기술

- 주조품 세척

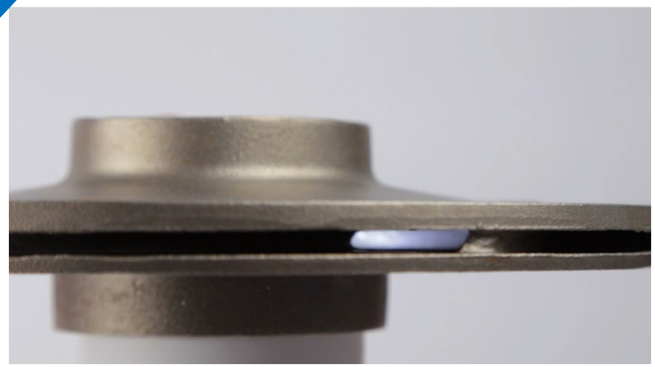
처리 전

처리 후





2 mm

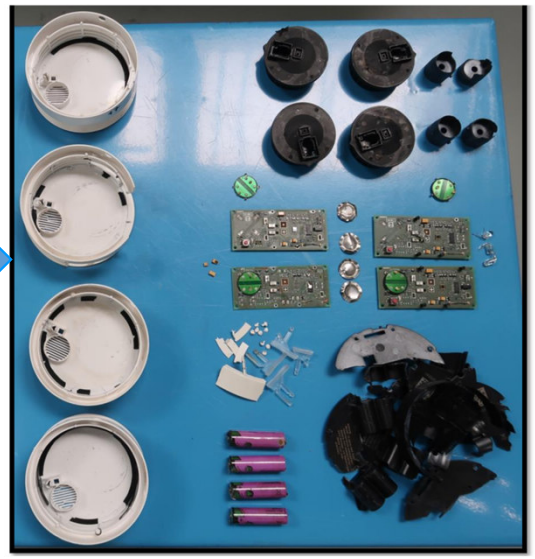


KLEIN 충격파 기술

- 재활용 공정

처리 전

처리 후



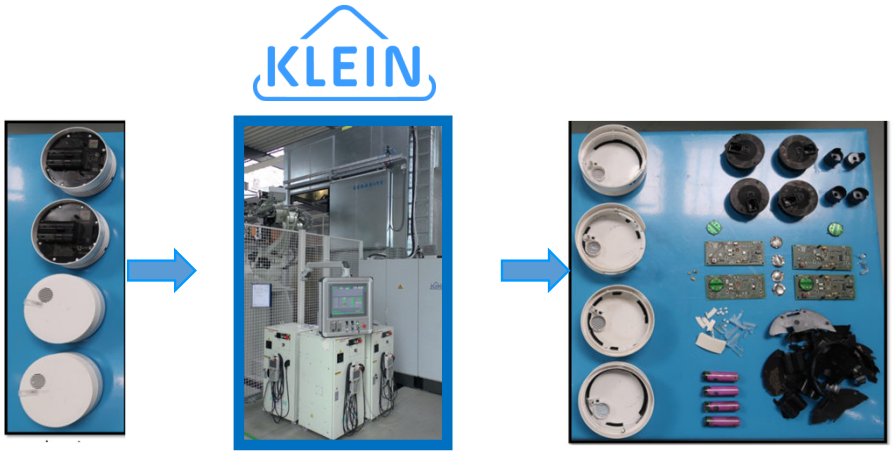
KLEIN은 **Fraunhofer** IWKS와 협력해 폐전기·전자제품(WEEE*) 재활용을 위한 충격파 장비를 개발했습니다.

➔ **조립품을 제어 파쇄해** 수중에서 개별 소재를 **더 쉽고 안전하게 분리합니다.**

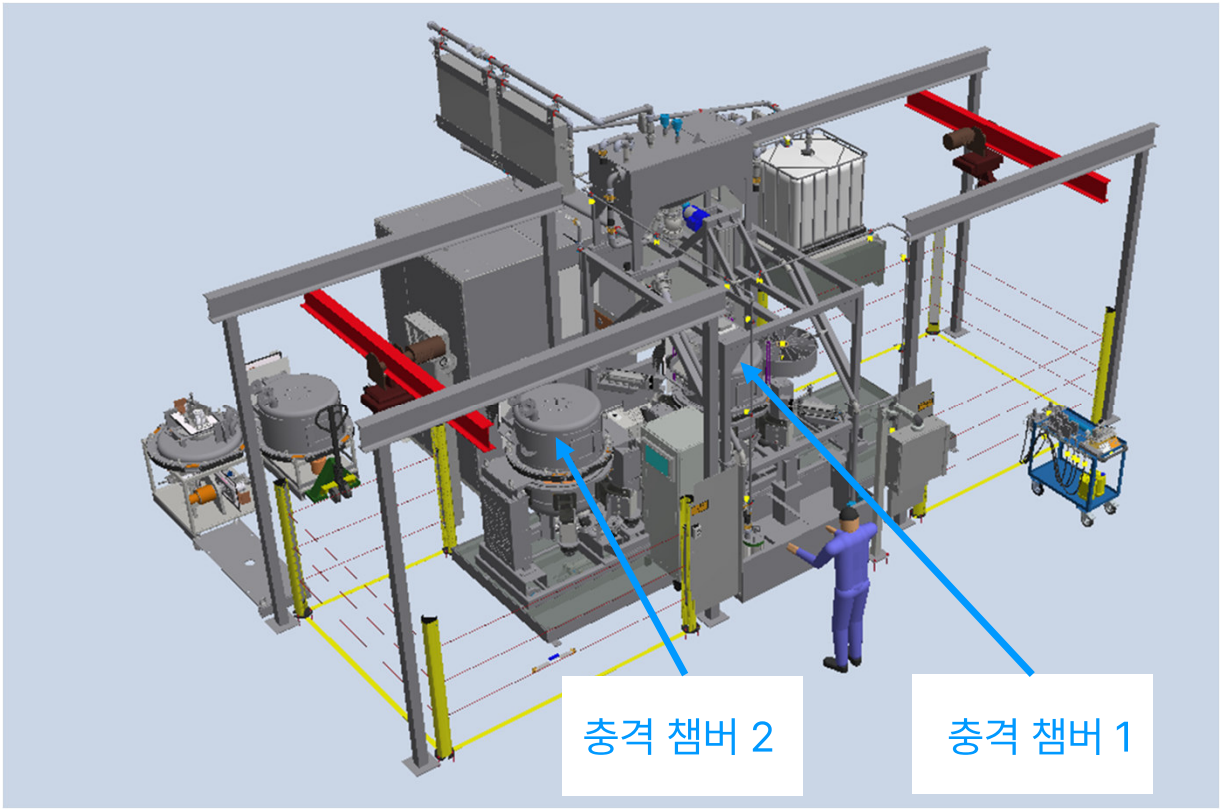
*WEEE: 폐전기·전자제품

KLEIN 충격파 기술

- 재활용 공정

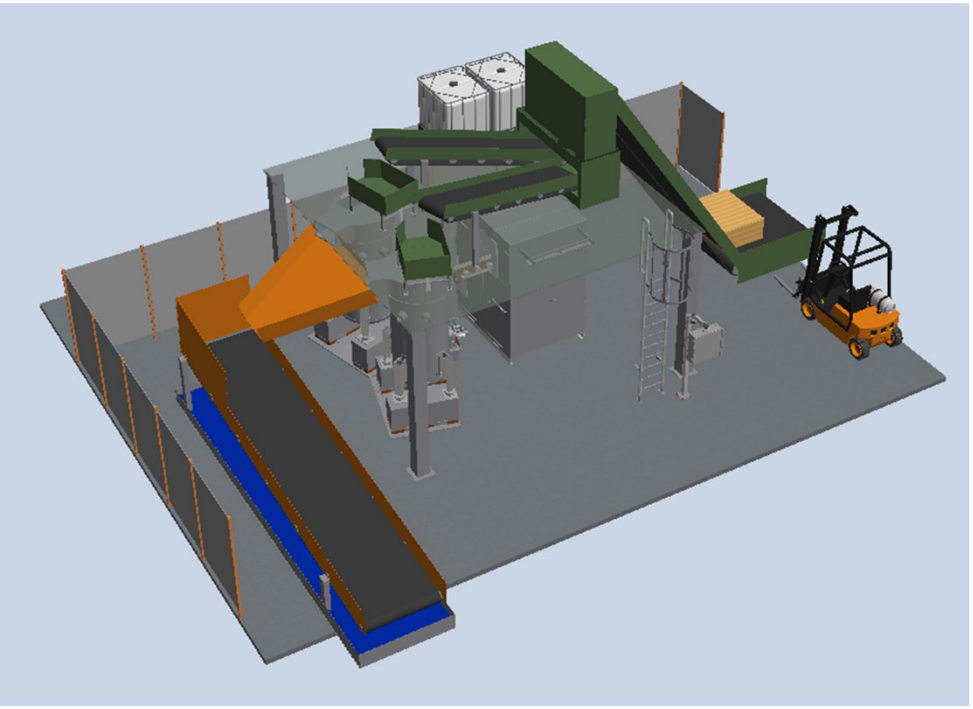


➔ **연속 생산을 구현합니다.**
두 개의 충격 챔버로.



KLEIN 충격파 기술

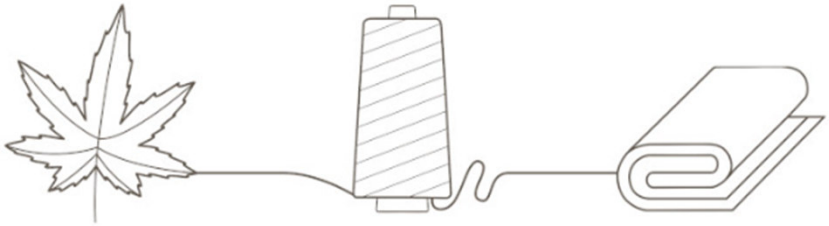
- 지속가능한 섬유 산업



KLEIN은 8년 전부터 헴프(산업용 대마) 등
천연섬유 처리를 위한 전용 충격파 장비를
개발해 왔습니다.

헴프를 충격파로 처리해 섬유 길이와 밝기에서
면과 동등한 특성의 고품질 원사 원료를 만듭니다.

최근 1년 반 동안 원사 산업을 위해
매년 수백 톤 이상의 헴프 원료를 생산하고 있습니다.



헴프 원사 헴프 원단

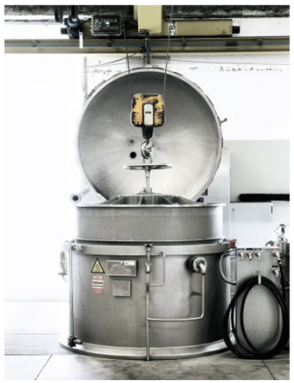
KLEIN 충격파 기술

- 지속가능한 섬유 산업

https://www.youtube.com/watch?v=YJdsTEo5Lsw

https://www.hanf-magazin.com/nutzhanf

https://www.hanfingenieur.de/know-how/hanfkalk/warum-hanf/



https://www.wollspinnereihuttwil.ch/

https://www.etsy.com/de/market/kardierte_faser?ref=pagination

KLEIN 충격파 기술

- 그 밖의 적용 분야

적용 분야	기존 공정의 문제		솔루션
유리		기존 파쇄 공정에서는 유리에 금속이 섞여 오염될 수 있습니다.	깨끗한 물속에서 유리를 파쇄해 금속 오염을 방지합니다.
플라스틱		수명이 끝난 인조잔디는 폐기물 소각장에서 소각됩니다.	플라스틱이 95%인 소재를 재활용합니다. 플라스틱과 모래를 먼저 분리한 뒤 입상 소재로 파쇄합니다.
조선		선박 프로펠러는 정밀한 제어가 필요합니다. 사용 중 쌓인 침전물이 제어 정밀도를 떨어뜨립니다.	충격파 기술로 정비 시 침전물을 제거합니다.

KLEIN 충격파 기술

필요 설비·자원

전력

- 충격파 발생기: **4-6 kW**
- 물 순환: **0.2 kW**

물

- 급수: 2인치, **일반 급수 압력**
- **수돗물** ➔ 정수 시스템 포함

  증발에 따른 손실 최소화
  - **침지수는 회수해 재사용**

도입·서비스 안내

- 계약 방식
  - **구매 계약***

  또는

  - 정해진 기간의 **임대 계약***

  ➔ * 구매·임대 모두 별도의 유지보수 계약이 필요합니다.

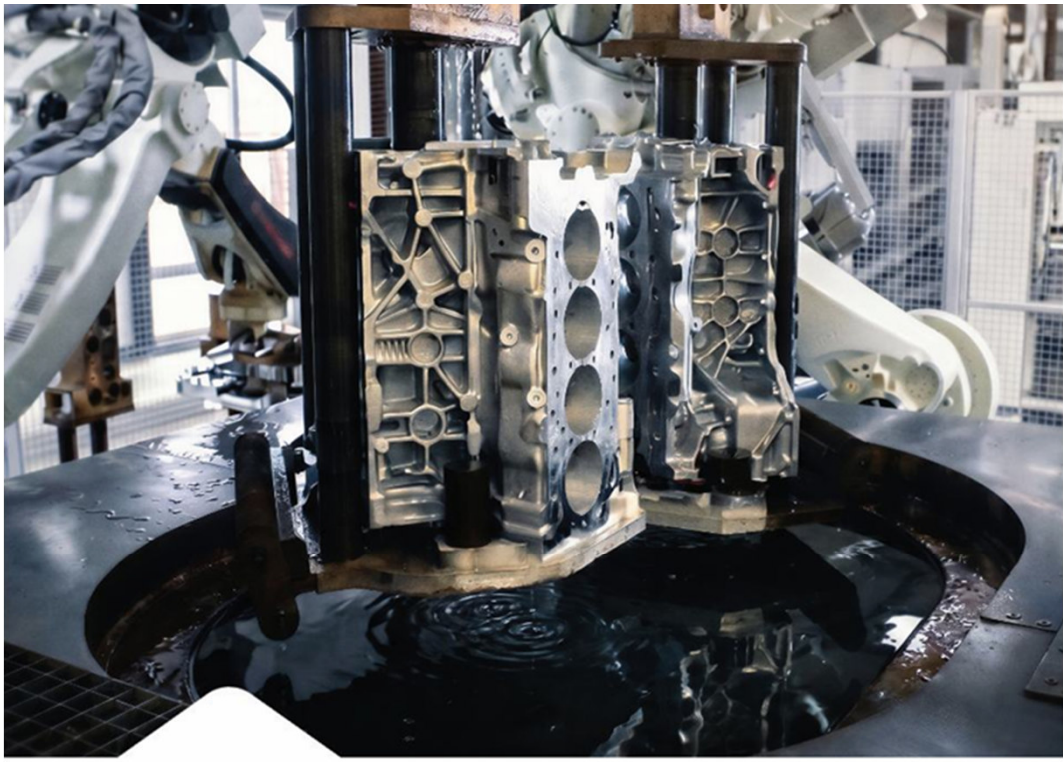
  또는

  - **개별 작업 단위의 서비스**도 가능합니다.

결론

고전압
충격파 기술

- 복잡한 내부 형상을 세척하는 유일한 솔루션.



주조품 세척

섬유 분리

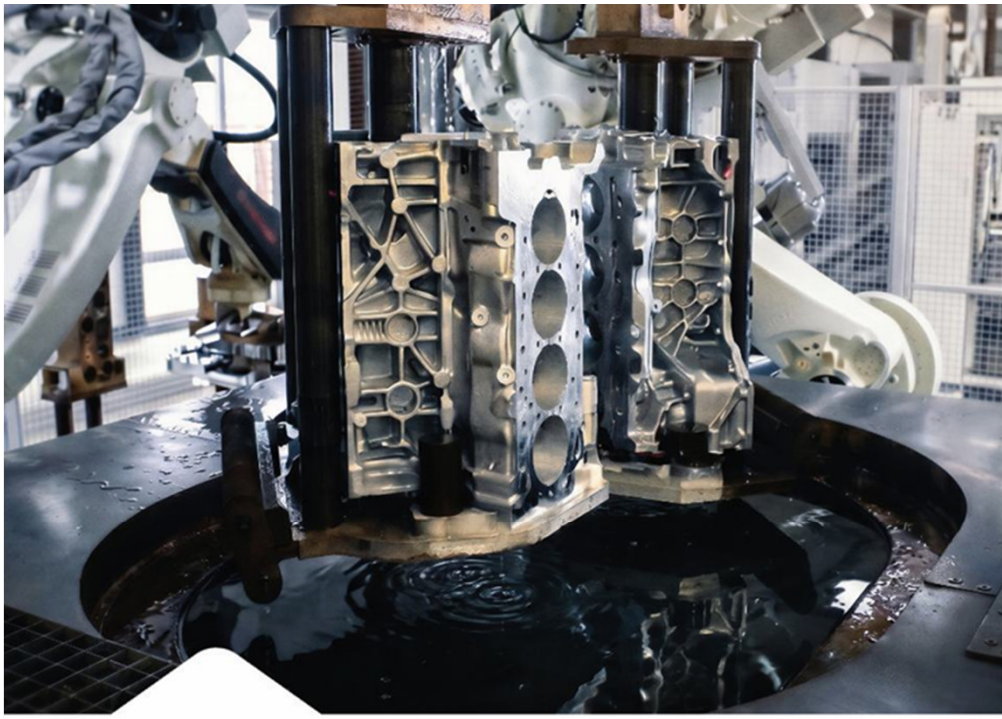
소재 파쇄

맞춤형 소재
처리 솔루션

직접 확인해 보세요

첫 샘플 테스트,
무료로 경험하세요.
!!!

첫 번째 샘플 테스트
무료 제공
!!!



KLEIN 충격파 기술

- 주요 고객·협력사

감사합니다.
KLEIN
Anlagenbau AG