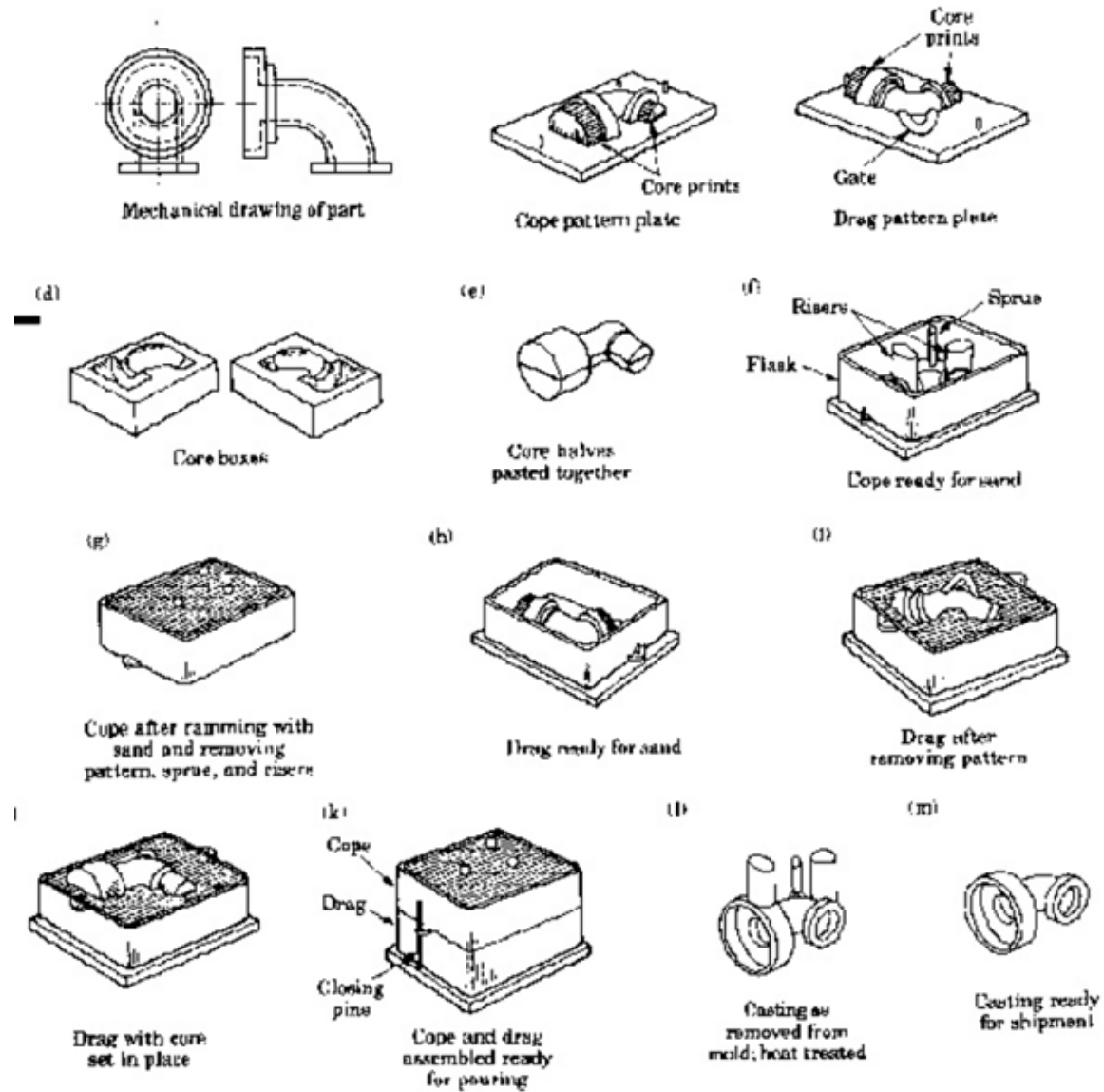


# 제1장 분말야금의 개요

- Review
- 목표
- 내용
- 요약
- Preview

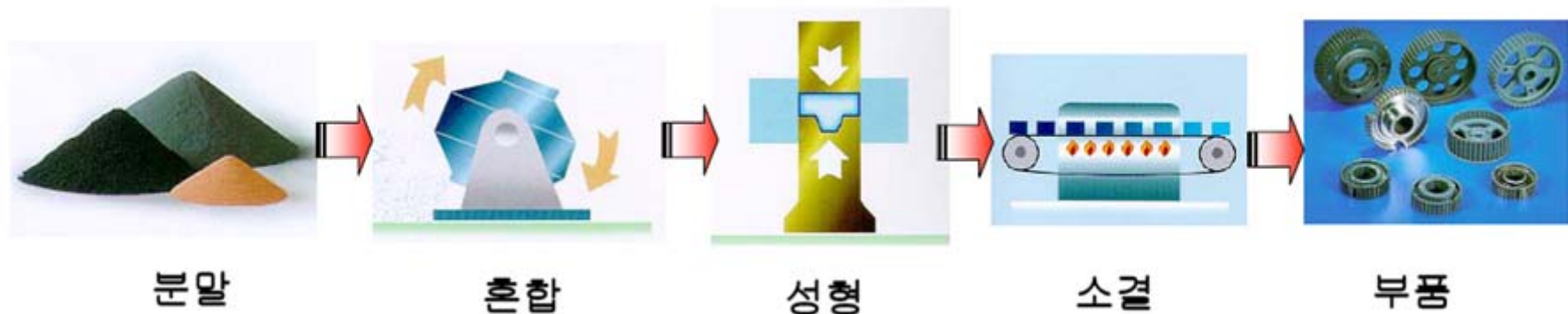
- 제1장 분말야금의 개요
  - 분말 및 분말야금
    - 분말야금의 정의
    - 분말의 특성
  - 분말야금의 역사
    - 분말야금의 특징
    - 분말야금의 장·단점

# 금속소재의 제조 - 주조공정



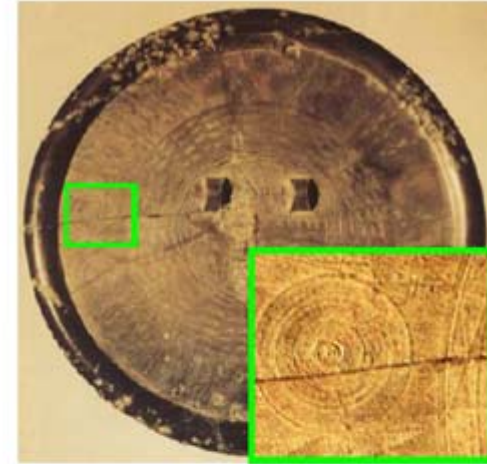
# 금속소재의 제조 - 분말야금 공정

- 금속이나 금속산화물 및 무기물의 분말(powder)을 성형(compaction)하여 형상을 부여한 후, 가열하여 결합시키는 소결(sintering)공정을 거쳐 제품을 만드는 기술



# 주조공정을 적용할 수 없는 경우

- 고용점 금속(W: 3410°C 등)
- 세라믹( $Al_2O_3$ , SiC 등) 및 다공체
- 금속-비금속 복합재료
- 상호 고용도가 없는 금속 (W-Cu 등)
- 소형부품의 대량생산(경제적 측면)



多紐細文鏡 (BC 4세기, 국보)  
선간격 300  $\mu$ m, 13,000개의 선



Porous Ceramics



Shape charge liner



# 도자기 제작 과정

- 도토수비(陶土水飛)
- 성형(成形)
- 잿물(釉藥)
- 굽기(燒成)





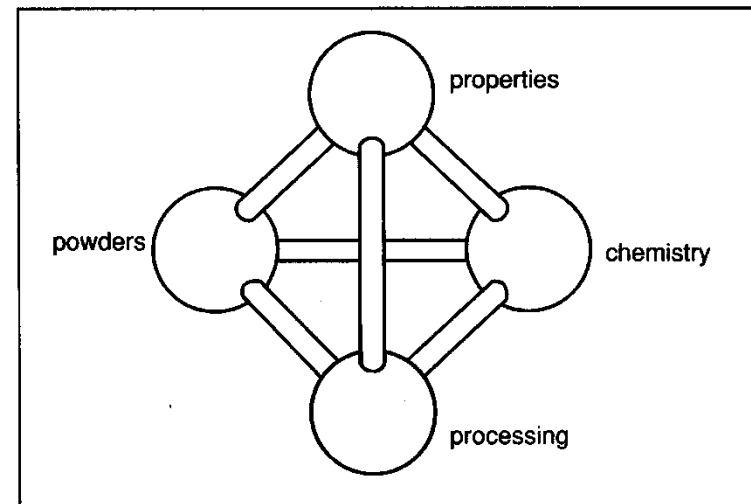
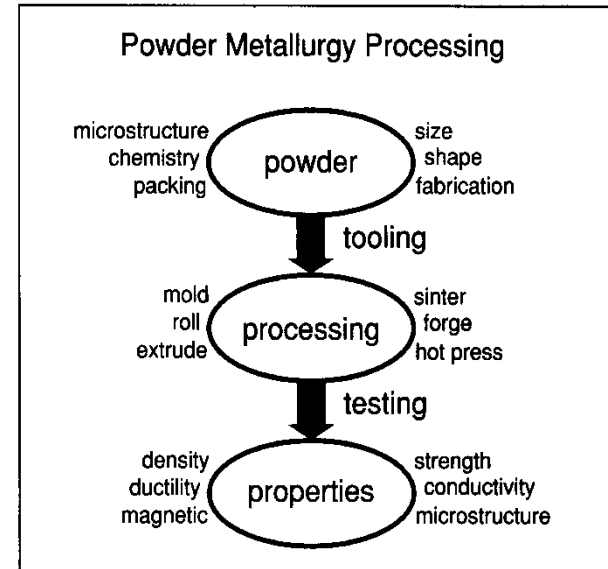
# 1.1 분말 및 분말야금

- 분말야금(Powder Metallurgy, P/M)의 정의
  - 금속분말 또는 합금분말의 제조와 이들 분말을 이용하여 압축성형(compacting) 한 후, 용융온도 이하에서 소결(sintering)하여 금속제품을 만드는 기술
- 분말야금(Powder Metallurgy, P/M)의 특징
  - 일반 제조야금법의 용해 → 주조 → 응고 → 단조 → 기계가공 등의 공정을 거치지 않고 제품 형상에 가까운 형상을 직접, 다량 생산이 가능
  - 상온 또는 고온 성형
- 분말의 정의
  - 1mm 이하의 미세한 금속고체 분말
  - 부피에 비해 상대적으로 큰 표면적

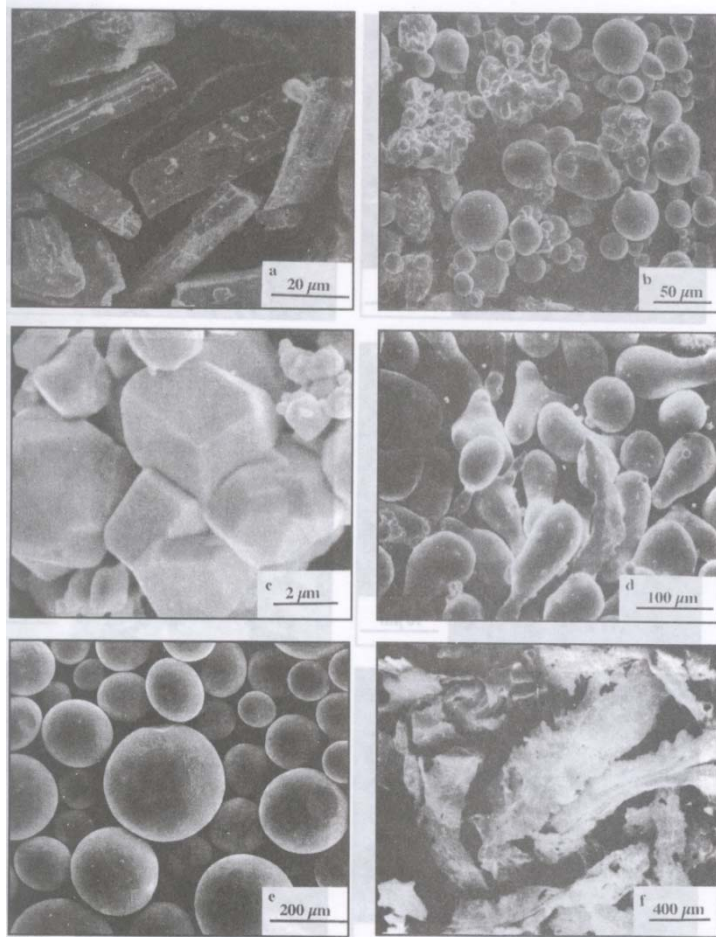


# 분말야금 공정

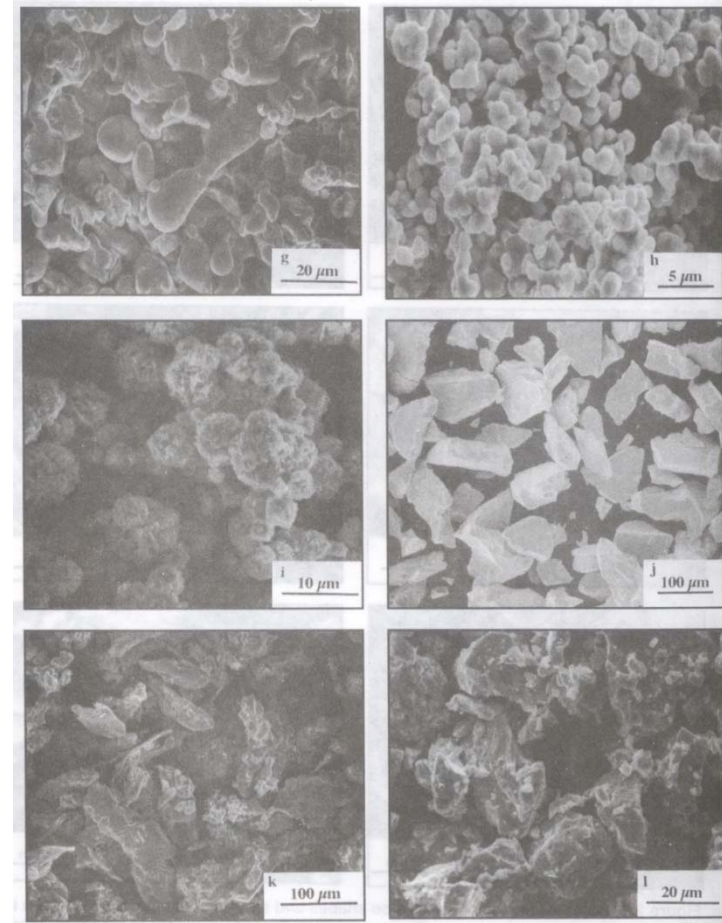
- 분말기술
  - 분말의 제조
  - 분류
  - 분말 특성
  - Sampling, 안정성, 포장 및 수송
- 공정
  - 가압성형에 의한 치밀화 (compaction)와 소결
- 특성
  - 미세조직과 강도, 전도도 등의 최종 성질 조사 및 평가



# 분말의 특성(1)



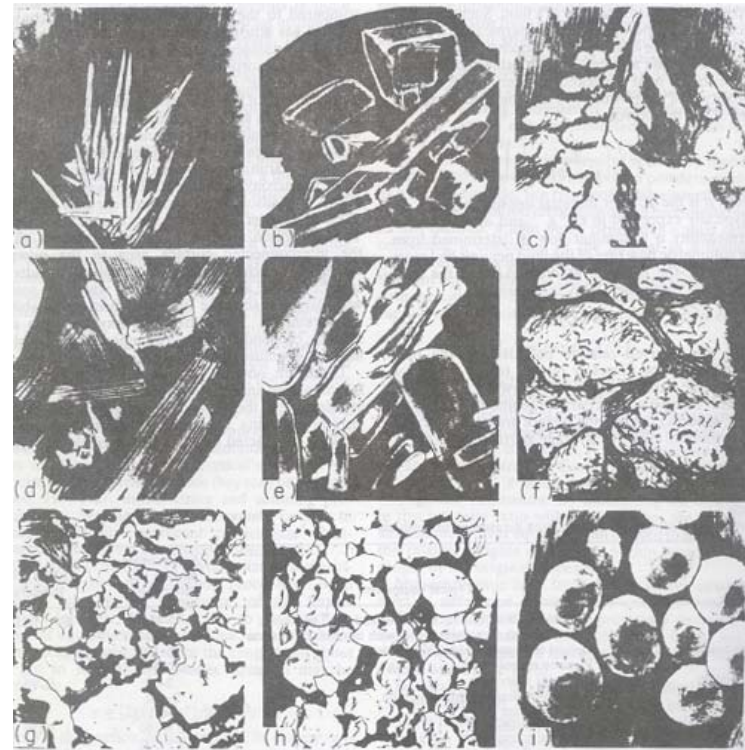
a) tellurium, milled, acicular, b) iron alloy, argon atomized, spherical with agglomerated fines, c) tungsten, gas reduced, polygonal aggregates, d) tin, air atomized, rounded and ligamental, e) iron alloy, centrifugally atomized, spherical, f) tin, splat quenched flake



g) Stainless steel, water atomized, rounded and irregular, h) palladium, electrolytic, sponge, i) nickel, carbonyl decomposition, porous and cubic, j) iron based metallic glass, crushed ribbon, angular plates, k) titanium, sodium reduced and milled, irregular, and l) niobium hydride, milled, angular

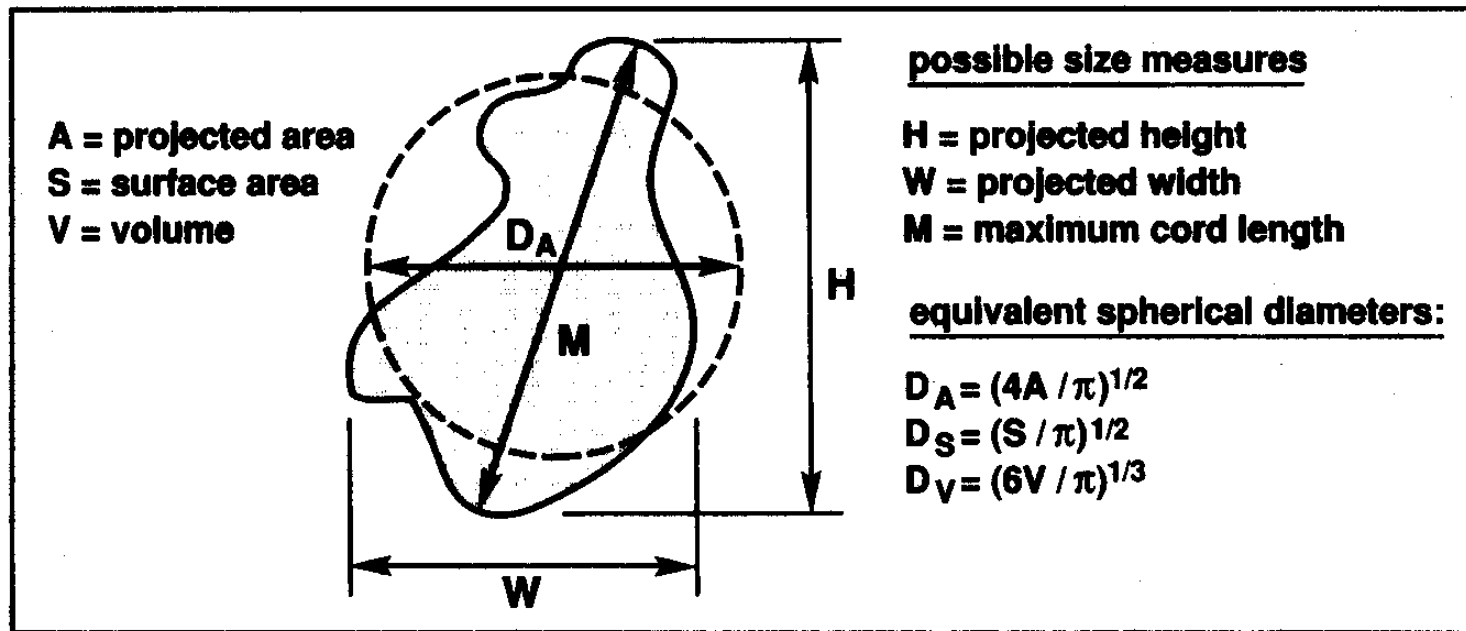
# 분말의 특성(2)

- 입자 형상 인자
  - 입자 크기와 분포
  - 입자 형상과 입자크기에 따른 다양성
  - 표면적
  - 입자간의 상호 마찰
  - 유동과 충전
  - 내부 입자 구조
  - 조성, 균질성, 오염 등
- 분말의 제조 방법과 분말의 형상은 분말의 성형성(치밀화 및 소결)에 영향



a) 침상(acicular), b) 각상(angular), c) 주상(dendritic),  
d) 섬유상(fibrous), e) 판상(flaky), f) 입상(granular), g)  
불규칙상(irregular), h) 마디상(nodular), i)  
구상(spheroidal)

- 분말입자의 크기



# 분말야금의 시작 및 발달 (1)

시 기	발전 기술	비고
B.C. 3000	도구를 만드는 스펀지 철의 이용	이집트, 아프리카, 인도
A.D. 1200	백금괴의 제조	남아프리카, 잉카
1781	Pt-As 합금	프랑스, 독일
1790	상업적으로 Pt-As 합금용기 제조	프랑스
1822	Pt 분말로 Pt 금속괴 제작	프랑스
1829	Wollaston법 개발(현대적 P/M 기술의 기초)	영국
1850	여러 가지 금속의 압축 성형체 소결	유럽
1870	금속분말로 만든 무급유 베어링의 특허	미국
1878-1900	백열광 필라멘트의 제조	미국
1915-1930	초경합금의 개발	독일
1900년대 초	복합재료, 다공성 재료, 금속 filter 개발	미국
1940년대	철 분말 이용 기술	유럽
1950-1960년대	P/M 제품, 분산강화 제품, P/M 단조품	미국
1970년대	HIP, P/M 공구강, 초소성 superalloy	미국
1980년대	급냉조직, 분말사출	미국
2000년대	Nanotechnology	미국, 유럽, 일본, 한국

## 분말야금의 시작 및 발달 (2)

- 점결재의 특성
  - 탄화물 입자와의 화학적 친화력 대
  - 상대적으로 낮은 용융온도
  - 탄화물과의 고용도가 제한적
  - 매우 우수한 연성
- Widia
  - WC분말에 점결재로써 Co를 3~13% 정도를 첨가하여 혼합, 압축성형하고 환원성 분위기의 고온에서 소결
- 1950~1960년대
  - 분말야금에 의해 이론밀도를 갖는 금속 제조가 가능
- 1970년대
  - 편석이 없는 완전히 균일한 제품, 매우 미세한 조직을 갖는 기술적인 문제 극복

# 분말야금의 역사

- 고대-중세 : 귀금속, 철 분말에서 병기 및 장신구 제조
- 1800년대 : 소결백금 제조
- 20세기 초 : W, Mo 등의 고용점 금속 및 초경합금 제조
- 20세기 중반 이후 :
  - Fe, Ni, Cu 특수합금의 분말압연
  - 급냉응고(RSP), 기계적 합금화(MA) 개발
  - 자성재료, 소결핵 연료
  - 금속분말사출성형(MIM), 나노분말제조

인도 델리의 철탑(pillar), AD 4C  
(스폰지 철의 단조)





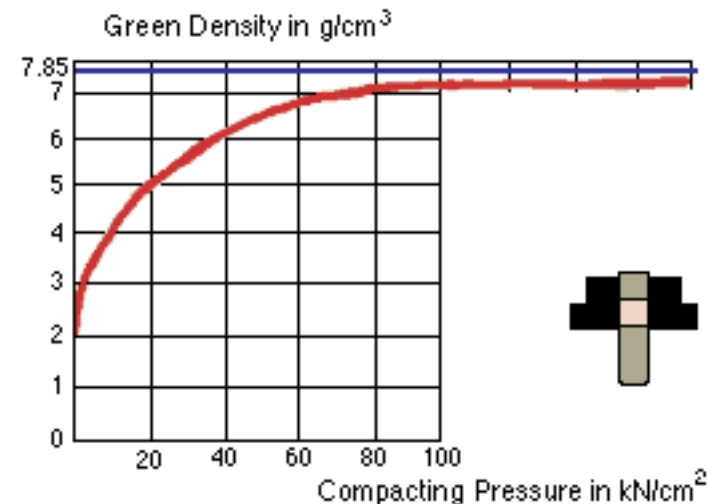
# 분말야금의 역사

- 소결백금(러시아 백금화) : Sobolevskii : 1826~1829  
(백금 : 1773℃, 고용점, Pt-As 공정합금 : As - 증말 - Pt 회수)
- 치과용 아말감(귀금속 : Ag/Hg) : Townsend(1855)
- 고온 W, Mo-Coolidge 등 : 1900~1910
- 소결 초경금속 : Schroeter(1922)
- 전기 접점제 : W-Cu(1917~1921)
- 다공성 청동 : 1930
- 소결강 : 1935
- 소결 알루미늄 : 1950
- Cermet : 1955 - 금속기지 내에 ceramic 입자 분산
- 초경 : 질화물, 브롬화물 : 1955
- 분산경화 소결합금 : 1960
- 나노분말 : 1985 - 현재

# 분말야금의 특징

- 분말야금의 장점
  - 고용점 금속재료의 제조
  - 순수 금속의 제조
  - 고용도가 전혀 없거나 비중차가 커 용융법으로 만들 수 없는 재료 혹은 비금속을 혼합한 재료(복합재료)의 제조
    - Cu와 C가 혼합된 전동기용 브러쉬, pantograph(전철의 집진기), 금속과 SiC 등의 비금속이 혼합된 자동차용 클러치 등
  - Filter 등 다공질재료의 제조
    - 함유 베어링, filter
  - 균일한 성분 및 정확한 성분의 제품 제조
  - 경제적 장점
- 분말야금의 단점
  - 공정상의 문제점
  - 제조설비의 문제점

재료	용점(°C)	재료	용점(°C)
W	3370	TiC	3250
Mo	2620	WC	2630
Ta	2996	W <sub>2</sub> C	2730
Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	1895	TaC	3880
SiC	2700	NbC	3500
HfC	3890	VC	2830
ZrC	3175	Mo <sub>2</sub> C	2690



# 분말야금 공정의 장단점

- 비교적 간단한 공정으로 복잡한 형상의 제품 생산 가능
- 주조법에 비해 비교적 낮은 온도에서 제조 가능
- 고용도가 거의 없는 합금 및 복합재료 제조 가능
  
- 분말의 형상, 입도 및 입도분포 제어의 어려움 - 고가 분말
- 주조에 비해 소결로 등의 많은 장비가 필요
- 복잡한 형상 성형 어려움, 기공 문제(분말들 사이의 기공)
- 크기가 작은 분말의 경우 저장과 취급에 어려움  
(Nano 분말 - 폭발성, AI 분말 - 로켓 추진제)

# 분말야금 공정의 유일성과 경제성

- 유일성

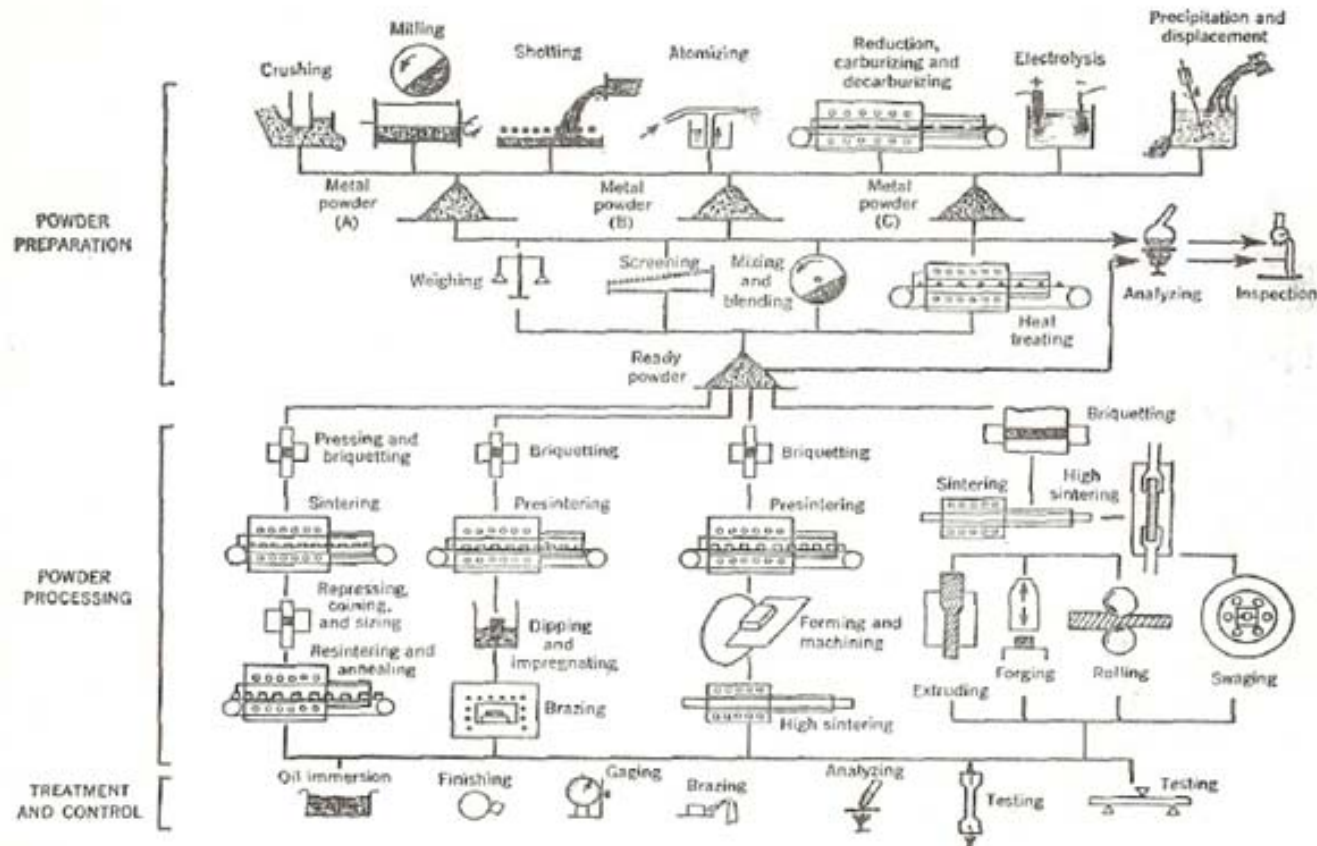
1. 고온재료 : 용융점이 3400℃ 이상인 W 또는 Mo, Ta, 내화물, 세라믹 제품
2. 복합재료 : 상호 비고용 금속계(W-Cu, Fe-Pd), 초경(WC-Co), 분산재료
3. 다공성 재료 : 오일리스 베어링, 필터, 스펀지 금속제품
4. 금속 + 비금속 결합재 : 전기접점재(Cu-C), Cermet
5. 치과용 아말감, 총상조직 재료

- 경제성

1. 재료손실 적음 : 분말로 성형 - 남는 것을 다시 성형, 주조재 : scrap 발생
2. 소형 제품 대량 생산 및 자동화 공정
3. 고순도, 고품질 제품 : 분말 순도 유지, 조직 균일(응고조직 없음)

# 분말야금 기본 공정

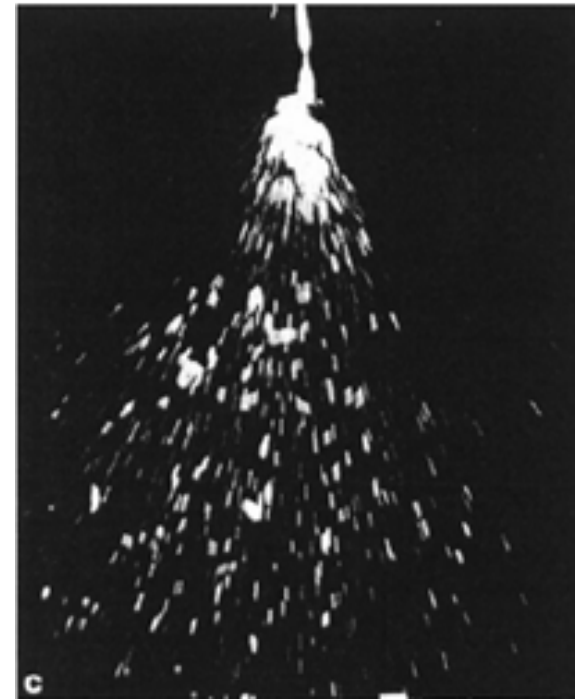
- 분말 준비 - 원광석, 원재료에서 분말 획득
- 분말의 가공 - Die 등에서 원하는 형태로 성형 - 고온에서 소결
- 후처리 및 검사 - 표면처리, 열처리, 용접, 기계가공





# 분말야금 공정(분말 합성)

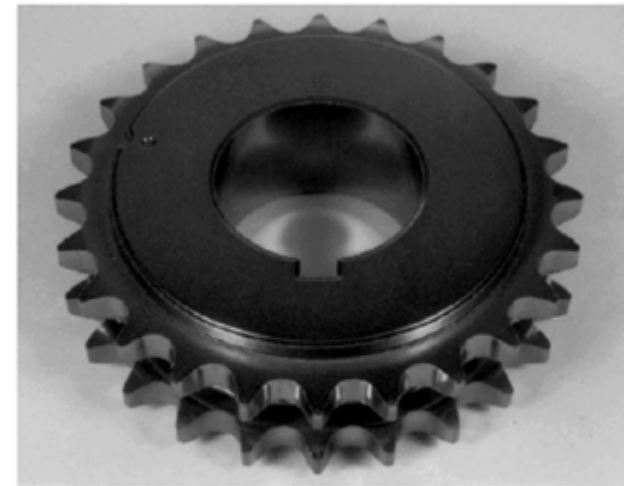
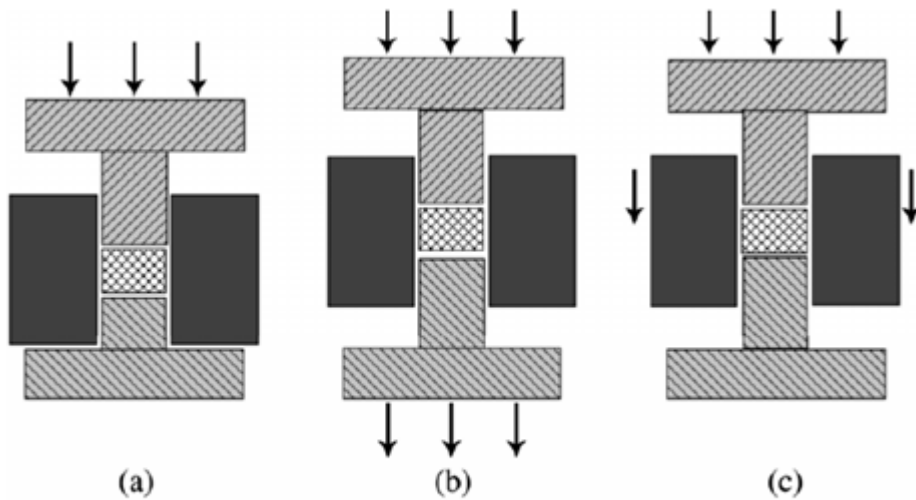
- 분사법에 의한 분말 제조
- 기계적 분쇄법에 의한 분말 제조
- 화학적 분말 제조
- 기상으로부터의 분말 제조





# 분말야금 공정(성형)

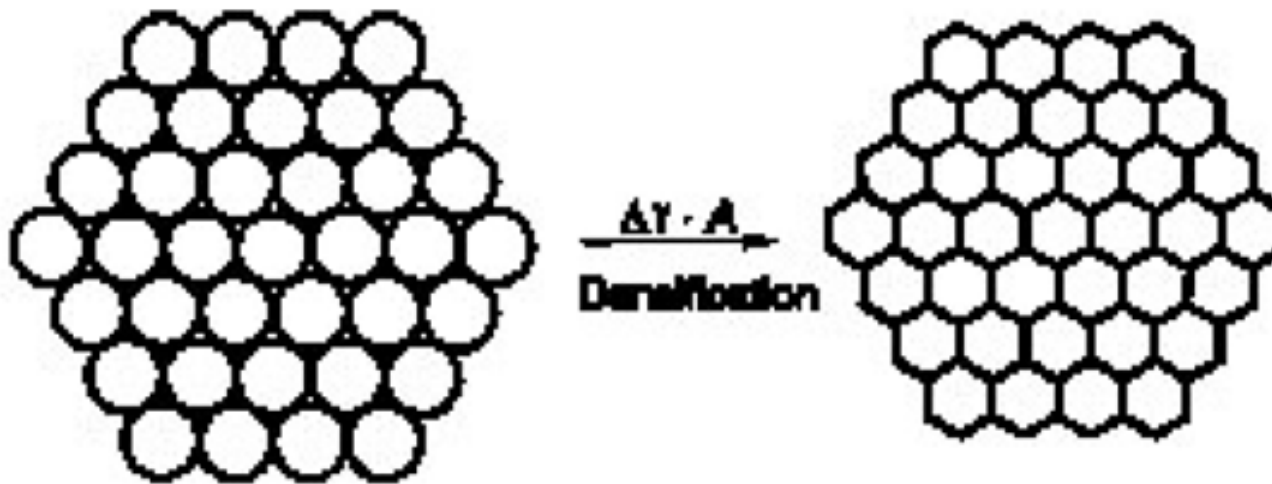
- 성형 : 분말에 일정한 형상을 부여하는 공정



온간성형

# 분말야금 공정(소결, sintering)

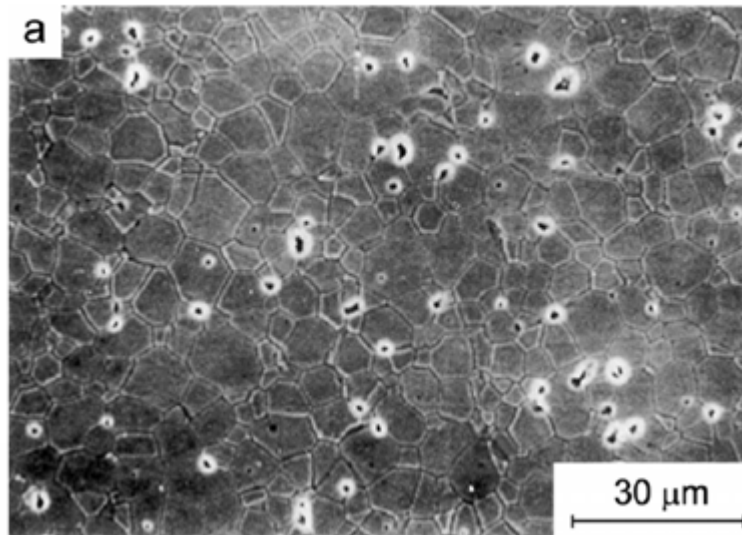
- 압축 또는 비압축 분말 성형체를 주 구성원소의 융점 이하 온도에서 가열하여 화학결합이 이루어 지도록 하여 분말 성형체에 필요한 기계적 및 물리적 성질을 부여하는 열처리
- 소결의 구동력 : 계의 전체 계면에너지를 줄이는 힘



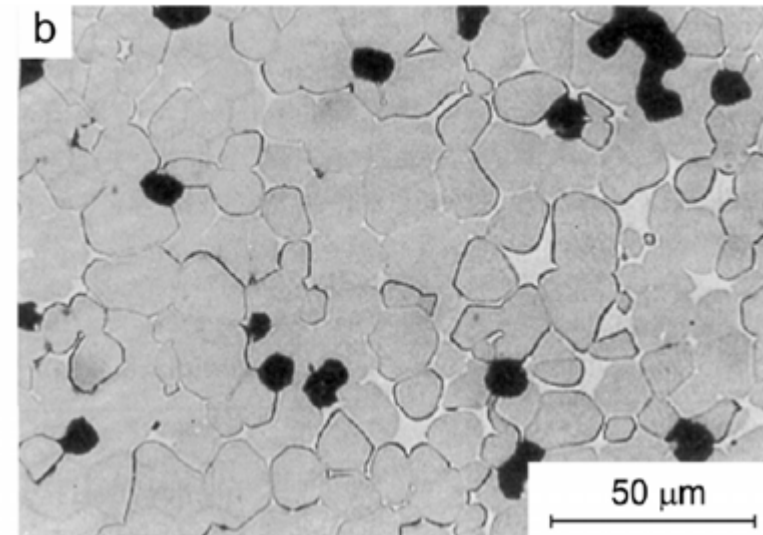
# 분말야금 공정(소결의 종류)

- 고상 소결 : 소결 온도에서 성형체 내의 입자들이 전부 고체상태에서 치밀화
- 액상 소결 : 소결 온도에서 성형체 내에 액상이 존재하는 상태에서 치밀화

고상소결 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

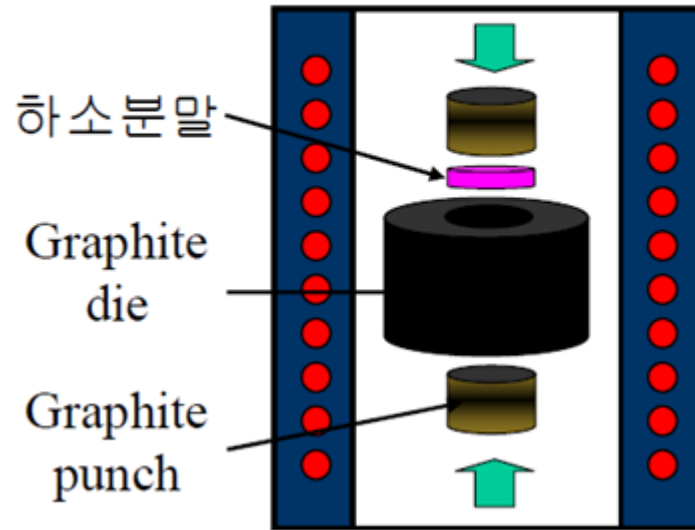


액상소결 (W-Ni-Fe)

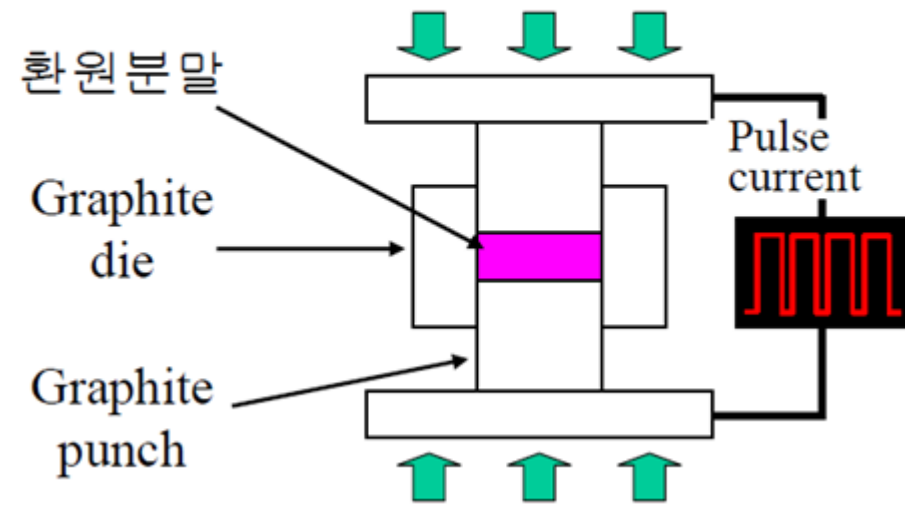


# 분말야금 공정(소결장비)

## 상압/가압소결 장비



## 방전소결 (SPS) 장비



## 등방가압소결 (HIP) 장비



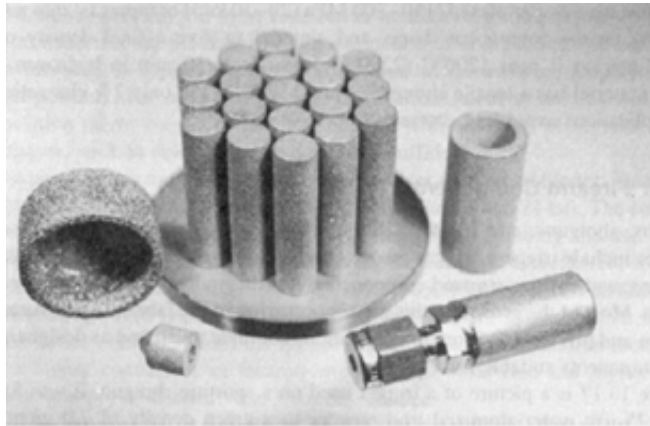
# 분말야금 제품 응용(자동차 응용)





# 분말야금 제품 응용

## 스테인레스강 필터



## 절삭용 초경공구



# 분말야금 제품 응용

Shape charge liner



Microelectronic package



Hip Joint





Q1. 생활 중에서 분말 소결품을 찾아보시오.

Q2. 분말공정과 주조공정을 비교해보시오.