

다단 습식 인발 공정 해석 및 패스 재설계

(주) 효 성*
부산대학교**

김민안*, 이상곤**, 김병민**

다단 습식 인발 공정 해석 및 패스 재설계 (Analysis and Pass Redesign of Multi-Pass Wet Wire Drawing Process)

김민안(효성)

이상곤(부산대학교 대학원)

김병민(부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구소)

PUSAN NATIONAL UNIVERSITY

ERC/NSDM

연구 목적

습식 신선 공정의 주요 공정변수인

1. 소재 물성치
 2. 다이스 감면을 기계상수
 3. 습식 윤활제의 윤활특성
 4. 캡스탐에서의 선재의 권취수
 5. 캡스탐에서의 슬립(Slip)
- 이 습식 신선 공정에 미치는 영향을 평가

↓

습식 신선 공정의 해석



연구 내용

1. 선재의 물성치 평가
2. 선재와 다이스 표면 사이의 마찰계수 측정
3. 캡스탐에서의 선재 권취수와 슬립을 고려한 마찰계수 측정



4. 실제 현장의 공정에 대한 해석 수행
5. 습식 신선 공정의 생산성 향상을 위한 선재의 단선을 저감을 위한 다이스 패스 재설계
6. 재설계된 패스에 대한 실험 수행
7. 기존 공정과의 비교

PUSAN NATIONAL UNIVERSITY

ERC/NSDM

슬립(S), 슬립율(S_{rate}) 및 슬립속도율(S_{vel})
 : 캡스탄과 선재 사이의 속도차 ▶ 슬립(S)

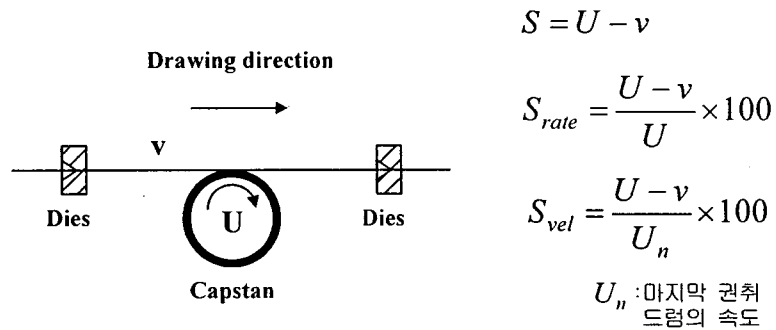


Fig. 1 Slip in the wet wire drawing

인발력(F) 및 역장력(Z_i)

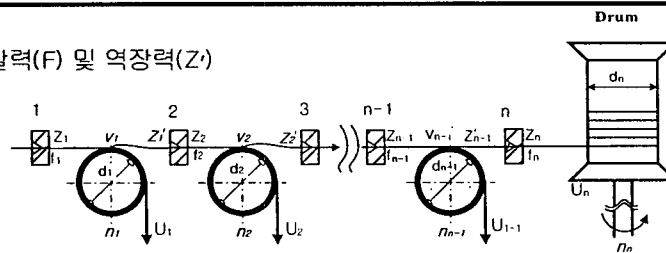


Fig. 2 Multi-pass wet wire drawing

$$F_i = Z_i + Z'_{i-1}$$

$$Z = k_m (F + Q\mu) + 0.77\alpha k_{fm} f$$

(Geleji의 식)

$$Z'_{i+1} = \frac{1}{\exp(2\pi \times n_i \times \mu)} \cdot F_{i,d}$$

(Eytelwein의 식)

k_m : 재료의 평균 변형 저항 [kg/mm²]

k_{fm} : 재료의 평균 변형 강도 [kg/mm²]

f_1, f_2 : 다이 입구 및 출구의 단면적 [mm²]

$Q = F / \sin \alpha$ $F = f_1 - f_2$

μ : 다이와 선재의 접촉면에서의 마찰계수

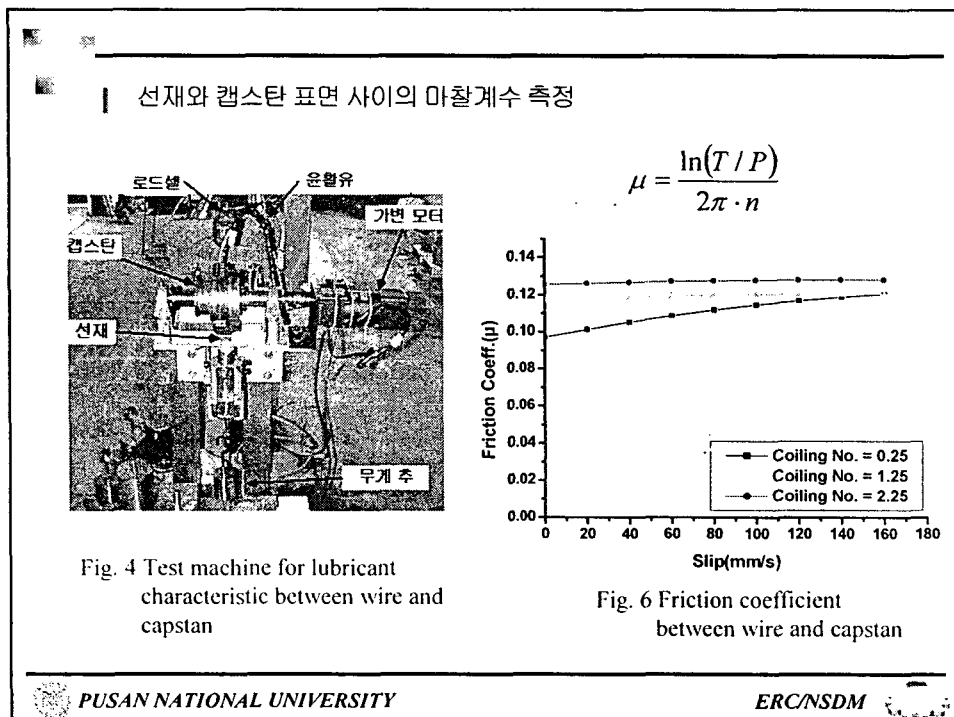
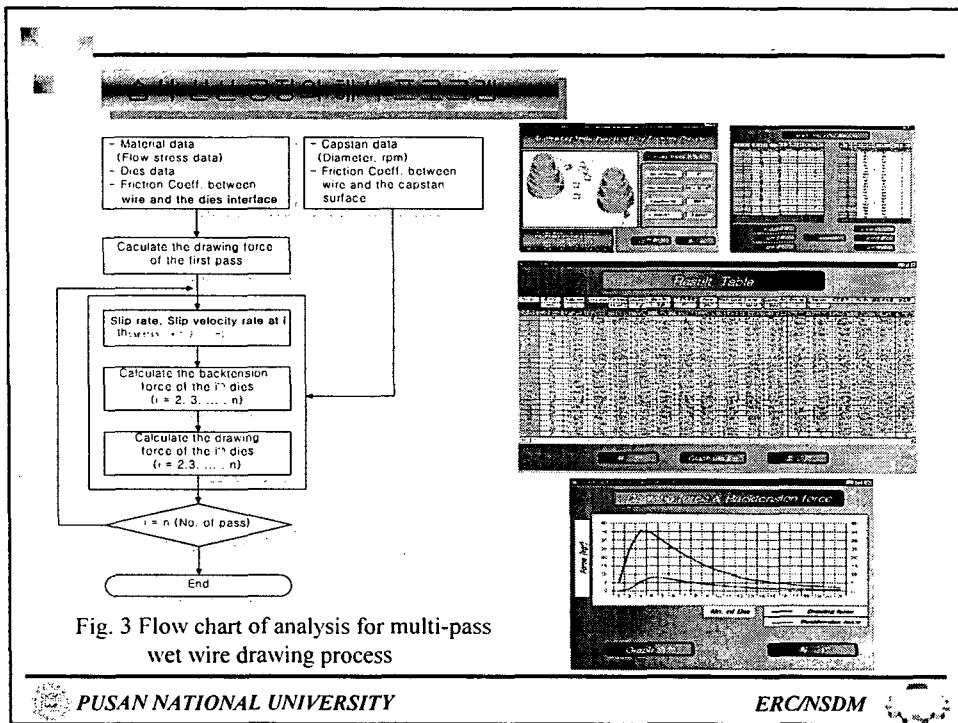
α : 다이 반각 [°]

Z'_{i+1} : i+1 번째 다이스 입구에 작용하는 역장력

$F_{i,d}$: i 번째 다이스 출구에 작용하는 인발력

n_i : i 번째 캡스탄에서의 권취수

μ_i : i 번째 캡스탄에서의 선재와 캡스탄의 마찰계수



0.25HT 생산을 위한 23패스 및 재설계된 22패스 습식 신선 공정

No. of Pass	Diameter of Dies[mm] (23pass)	Diameter of Dies[mm] (22pass)	Semi-Dies angle[*]
원선	1.450	1.450	
1	1.360	1.410	5
2	1.280	1.300	5
3	1.200	1.205	5
4	1.090	1.100	5
5	1.022	1.015	5
6	0.900	0.910	5
7	0.868	0.850	5
8	0.800	0.765	5
9	0.725	0.710	5
10	0.660	0.640	5
11	0.627	0.595	5
12	0.578	0.533	5
13	0.521	0.496	5
14	0.492	0.455	5
15	0.454	0.419	5
16	0.410	0.392	5
17	0.386	0.357	5
18	0.347	0.333	5
19	0.326	0.305	5
20	0.300	0.281	5
21	0.270	0.260	5
22	0.260	0.250	5
23	0.250		5

0.25HT 생산을 위한 23패스 습식 신선 공정 해석 결과

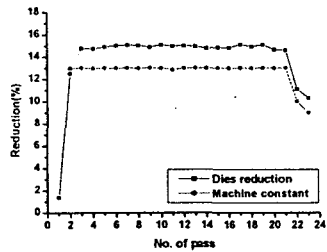


Fig. 5 Dies reduction and machine constant

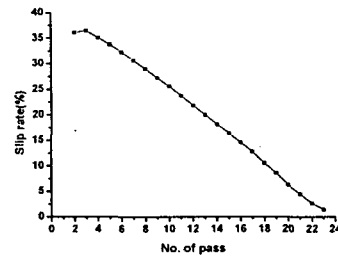


Fig. 7 Slip rate

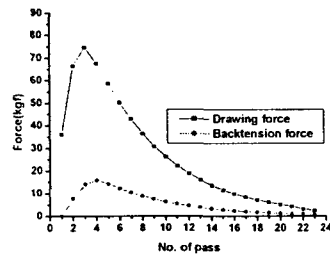


Fig. 6 Drawing force and backtension force

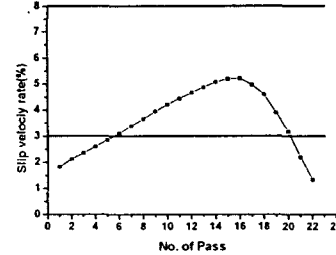


Fig. 8 Slip velocity rate

재설계된 22패스 습식 신선 공정 해석 결과

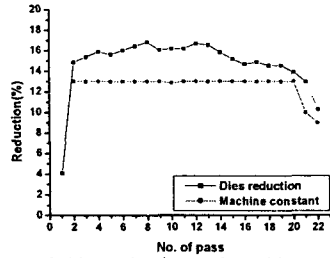


Fig. 9 Dies reduction and machine constant

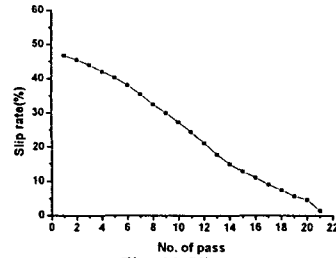


Fig. 11 Slip rate

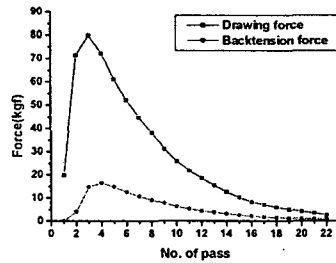


Fig. 10 Drawing force and backtension force

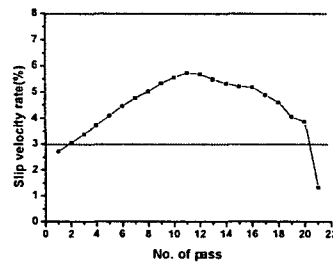


Fig. 12 Slip velocity rate

재설계된 22패스 습식 신선 실험을 수행하여 기존의 23패스 공정과 비교

(1) 다이스 개당 생산량

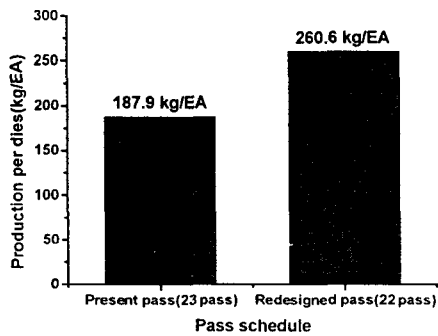


Fig. 13 Production per dies

(2) 인장강도

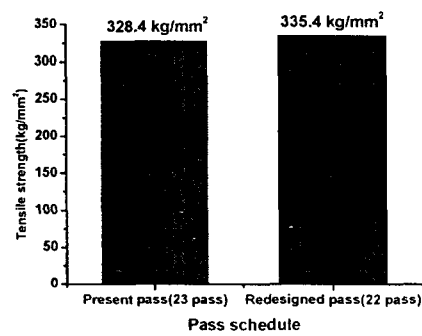


Fig. 14 Tensile strength

(5) 단선율(7일간 생산 시 단선 발생율)

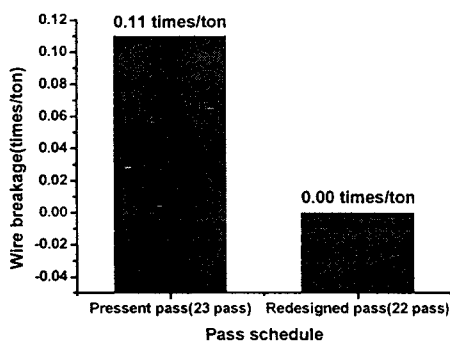


Fig. 15 Wire breakage of wet drawing process

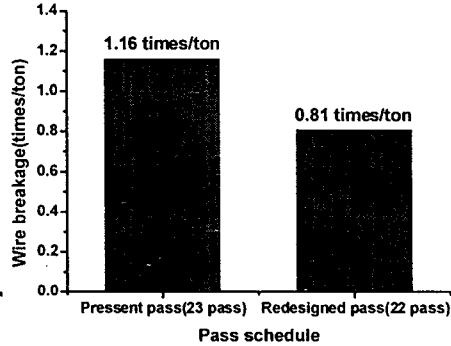


Fig. 16 Wire breakage of wire laying process



선재의 물성치, 선재와 다이스 접촉면에서의 마찰특성, 램스탄에서의 선재의 슬립을 고려하여 습식 선선 공정의 정량적 해석수행

0.25HT 생산을 위한 기존의 23패스 공정을 슬립 속도율을 적용하여 22패스 공정으로 재설계하였으며, 재설계된 22패스 공정에 대하여 실험을 수행하여 그 결과를 기존의 공정과 비교한 결과 다음과 같이 보다 우수한 제품 생산 및 안정적인 공정을 확보할 수 있었다.

구분	Present pass schedule	Redesigned pass schedule	비고	
Dies 선경 측정	4- 5일째 상부 세선경 Dies 5개 선경 늘어남	7일째 상부 세선경 Dies 4개 선경 늘어남	하부쪽은 큰 차이 없음	
Dies 개당 생산량 (kg/EA)	187.9	260.6	40% 정도 향상	
소선 TS(kg/mm ²)	328.4	335.4	7kg/mm ² (2%향상)	
소선 열회(회/100D)	43	44	동등	
연선 RBT 내마모성 (n=150kg/mm ² , 회)	30	31	측정수 n=15, 동등	
단선율 (회/ton)	습식공정	0.11	0.00	
	연선공정	1.16	0.81	기계단선 포함
	계	1.28	0.81	약 37% 향상

다이스 감면을 뿐만 아니라, 신선기 자체의 사양(램스탄 직경, 회전수 등)을 변화시켜 패스를 재설계 할 경우, 패스 수를 보다 줄이면서 보다 안정적인 습식 선선 공정이 가능할 것으로 사려 된다.

