

다단 냉간 단조에 미치는 냉간비조질강의 특성에 관한 연구

이승현¹, 이교택¹, 권용남², 김지훈¹, 이정환²

The effect of micro-alloying steel characteristics on the multi-stage forging process

S. H. Lee, Y.-N, Kwon, J. H. Kim, J. H. Lee

Abstract

The micro-alloying forging steels have been developed to save energy consumption during forging and subsequent heat treatment stages. The work hardening ability of micro-alloying forging steels is one of major hardening component while it gives severe die damage if the forging process design is poorly set up on the other hand. In the present study, it was tried to characterize three types of micro-alloying forging steels to understand the differences with the conventional low carbon steels used for cold forging with a spheroidizing heat treatment. After forging of a certain forging part with both micro-alloying forging steels and conventional low carbon steel, several mechanical tests were carried out.

Key Words : micro-alloying steel, cold forging, die design, work-hardening

1. 서론

1970년대 2차레의 오일쇼크를 경험하면서 자동차 산업에서는 에너지의 사용을 절감할 수 있는 소재 및 공정 기술의 개발에 많은 노력이 경주되었다. 이러한 연구 경향에 따라 독일의 Thyssen 그룹은 열처리 공정을 생략 내지는 단축할 수 있는 비열처리형 강을 개발하였으며 현재 산업계에서는 비조질강으로 통칭되고 있다.

특히, 최근에 들어 냉간단조용 비조질강의 개발 및 이를 활용한 단조품 개발에 대한 관심이 높아지기 시작하고 있다. 현재 일부 부품을 대상으로 초기 적용이 진행되고 있기 때문에 냉간단조용 비조질강종별 특성 및 단조에 미치는 영향 인자를 검토하는 연구는 향후 비조질강 적용시

발생할 수 있는 문제점을 사전에 파악, 대처를 위해 필요하다.

본 연구에서는 냉간 비조질강용으로 개발된 강종을 기존 조질강과의 비교를 위하여 실제 양산품을 대상으로 성형시험을 실시하였다. 이를 위해 사용된 비조질강은 현재 상용화된 일본산 소재 및 현재 개발중인 소재를 사용하였다. 단조품의 특성분석을 위하여 경도, 인장, 피로시험을 실시함으로써 양산품의 품질을 신뢰 정도를 평가하고자 하였다.

또한, 조질강에 비해 높은 유동응력을 가지는 비조질강이 금형수명에 미치는 영향을 평가하기 위하여 유한요소법을 이용하여 금형부하 해석을 실시하였으며 이를 통해 금형 설계시 기준을 도출하고자 하였다

1. 선일다이파스

2. 한국기계연구원 공정연구부

이승현: 선일다이파스, E-mail: seunghun@sunildyfas.com

2. 본론

2.1 냉간단조용 비조질강 특징

본 연구에 사용된 4종류의 강종은 동일제품에 적용할 수 있는 직경을 가지는 3종의 비조질강과 비교를 위해 조질강 1종이 사용되었다. 단조 특성을 평가하기 위해 연구에 사용된 단조품은 자동차 브레이크부의 Guide Rod Pin으로 요구되는 기본적으로 요구되는 물성은 9T급의 강도이다.

각 강종별 성분 조성은 Table1에서 보여주고 있으며 모든 합금이 페라이트와 세멘타이트상으로 구성된 이상조직을 나타낸다. 4종류 강종의 원소재에 대해 일반적인 기계적 특성을 평가한 결과는 Table2에 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions of 4 types of steels

강종	(wt. %)						
	C	Si	Mn	Cr	Al	V	Mo
A	0.22	0.24	0.89	-	0.02	-	-
B	0.15	0.12	1.52	0.35	0.02	0.16	-
C	0.34	0.20	0.72	1.04	-	-	0.19
D	0.45	0.20	0.75	0.14	-	-	-

A : NHF540S (신일본제철, Microalloyed steels)

B : SHCW80B (세아베스틸, Microalloyed steels)

C : SCM435(SA) (포항제철, Alloyed steels)

D : SWRCH45K(SA) (포항제철, Carbon steels)

Table 2 General mechanical properties of steels used in the present study

	A	B	C	D
T/S(Kg/mm ²)	66.8	83.9	63.0	61.1
경도(HRB)	93.6	96.0	97.3	96.6
연신율(%)	11.8	15.5	16.2	13.2
K(Mpa)	881	886	873	795
n	0.11	0.063	0.14	0.12

비조질강 소재 2종(C, D)은 소재 상태의 인장강도가 조질강 대비 다소 높게 나타남을 알 수 있고 압축시험을 통한 강종별 유동곡선을 분석하면 강성지수 K값은 비조질강이 다소 높게 나타나고 이때 가공경화지수 n값은 낮게 나타나고 있다. 따라서 비조질강의 성형성이 조질강에 비해 낮은 수준임을 확인할 수 있다.

2.2 단조 성형성 및 금형응력 해석

비조질강의 성형성을 알아보기 위하여 대상제품인 Guide Rod Pin의 성형 단계에 대하여 NHF540S비조질강 소재와 SWRCH45K 조질강 소재에 대한 해석을 실시하였다. 해석조건은 DEFORM-2D V8.0 Program을 이용하여 해석을 실시한 결과 성형단계별 금형에 걸리는 부하는 그림1과 같이 나타나며 성형압이 높은 단계에서는 오히려 금형 부하응력이 조질강대비 비조질강의 경우가 낮게 나타나고 성형압이 적은 단계에서는 반대의 현상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 즉, 동일한 금형을 대상으로 시험한 경우에도 단조공정의 단계별로 유동특성의 차이가 발생하며 이때 금형에 걸리는 부하가 달라지게 된다. 본 해석을 통하여 적절한 단조 공정 설계가 이루어질 경우 금형에 미치는 부하는 조질강과 동등한 수준으로 제어할 수 있음을 확인하였다.

실제 제품 성형시 소재가 설비에 미치는 부하를 비조질강(SHCW80B)과 조질강(SCM435, 구상화처리)에 대해 측정된 결과 표 3에 나타난 바와 같이 비조질강 성형시 설비 부하가 다소 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

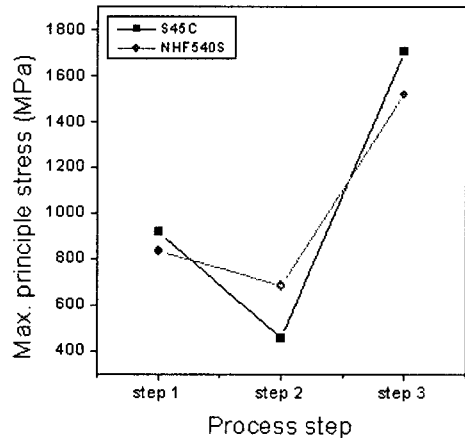


Fig 1 Maximum principal stress according to materials and process step

Table 3 Force measurement exerted during forging

구분	SHCW80B	SCM435(SA)
설비부하(A)	45A~62A	45A~55A

2.3 비조질강 제품 특성 평가

2.3.1 비조질강 제품의 경도 특성 평가

상기와 같은 특성으로 제품을 성형하여 제품에서의 특성을 비교 평가하여 보면 제품의 HEAD부에 압조에 의한 미세 CRACK이 SHCW80B강종에서 나타남을 알 수 있다. 또한, head부의 진원도도 조질강에 비해 떨어지는 것으로 확인되었으며 이에 대한 원인은 아직 명확하게 분석되지 못하였다. 하지만 전반적으로 소재 성형성이 조질강에 비해 떨어지기 때문에 발생하는 현상으로 미세크랙의 발생은 금형 수명에서 나쁜 영향을 미칠 것으로 예상된다.

시제품의 위치별 경도 측정시 비조질강 SHCW80B의 경우 표면과 심부의 편차가 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 이는 성형시 부위별 가공경화량의 차이에서 기인하는 것으로 공정 설계시 주의할 사항을 요구하는 사항이다. 그러나 단조후 베이킹 처리를 실시한 제품에서는 경도는 15% 정도 증가하며 표면과 심부의 경도 편차는 줄어들음을 알 수 있다. 따라서 제품에 비조질강의 적용성을 고려할 때 강도편차에 대한 사전 검토가 충분히 이루어져 할 것으로 판단된다. 그림 2은 강종별 경도 분포를 나타내고 있다.

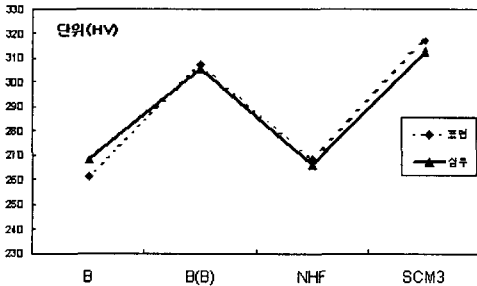


Fig 2 Hardeness distribution of 4 steel, B : SHCW80B , B(B) : SHCW80B+Baking, NHF : NHF540S , SCM3 : SCM435(QT처리)

2.3.2 비조질강 제품의 인장강도 특성 평가

비조질강으로 제조된 제품의 인장강도 특성을 비교하여 보면 80Kgf/mm² 을 상회함을 알 수 있고 이때 인장강도의 산포는 3.7수준으로 조질강 대비 5배정도 높게 나타나고 있다. 그러나 베이킹 처리시 인장강도는 3%증가하고 산포는 30%축소됨을 알 수 있으며 NHF540S의 경우 산포가 1.5 수준으로 조질강 대비 2배 정도의 산포로 매우 안정됨을 알 수 있다.

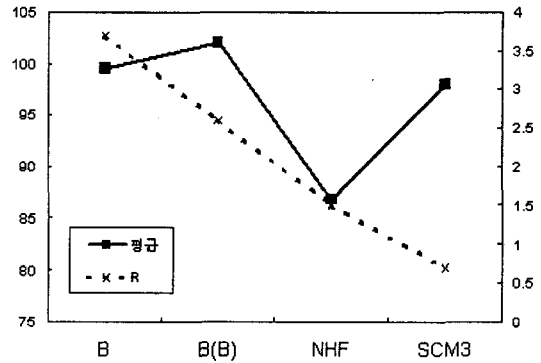


Fig 3 Tensile strength for four types of steels

2.3.3 비조질강 제품의 피로특성 비교

냉간 비조질강의 적용에 대한 신뢰성을 입증하는 데는 소재의 피로특성 또한 중요하다. 따라서 SCM435 와 SHCW80B(베이킹 처리)소재의 피로특성을 상대 비교하였으며 상용제품과 유사한 조건의 시편을 제작하여 시험을 수행하였다.

그림 4 SHCW80B의 피로한 S-N 선도를 도식화하였으며 Fig 5 은 Q/T 처리된 SCM435 소재에 대한 인장피로시험 결과로 SCM435 가 SHCW80B 에 비해 약 50MPa 정도 피로한도가 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 인장강도의 차이와 비슷한 크기이며 따라서, 인장강도가 동일한 소재를 사용할 경우는 피로강도 또한 기존제품과 동일한 특성을 만족시킬 수 있을 것으로 생각된다.

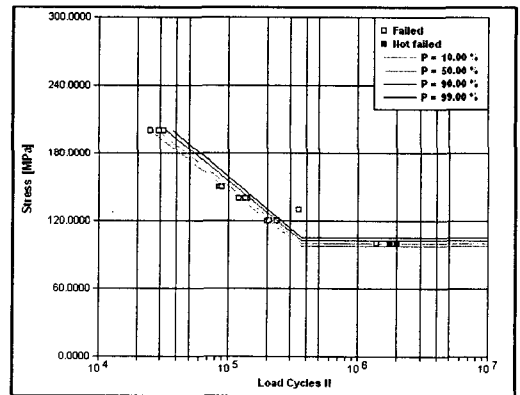


Fig 4 Fatigue strength of SHCW80B

후 기

본 연구는 산업자원부 청정생산기술사업 “차세대 환경친화형 고강도 냉간 비조질강 제품 개발” 사업의 지원에 의해 가능하였으며 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 이덕락, 2002, 비조질강의 개발 동향, 한국소성가공학회지, Vol.11, pp.388-393.
- [2] 이승헌 외, 2004, 비조질강의 냉간 성형공정에 따른 성형하중 및 금형응력 해석, 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 405~408.
- [3] 서동우 외, 2004, 냉간단조용 비조질강 및 성형품의 미세조직과 기계적 특성 분석, 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 409~412.
- [4] 이영선, 1998, 냉간 가공시 조직 및 비조질강의 성형성과 기계적성질의 비교 연구, 한국소성가공학회 춘계학술대회논문집, pp. 224-230.
- [5] D. S. Lee et al., 1996, The effect of composition and hot working parameters on the mechanical properties of microalloyed pearlitic and martensitic forging steels, Conference procedding of “Fundamentals and applications of microalloying forging steels”, pp. 17~28.

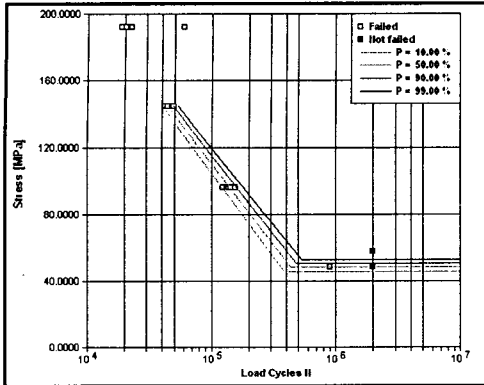


Fig 5 Fatigue strength of SCM435(QT)

4. 결 론

본 연구에서는 에너지 절감을 위해 기존의 조질강을 대신하기 위해 개발된 냉간단조용 비조질강의 기본적인 물성을 평가하기 위하여 실제 단조품을 대상으로 냉간 단조시험을 실시한 후 각종 기계적인 시험을 실시함으로써 냉간 비조질강의 적용 가능성을 평가하였다. 전반적으로 기계적인 물성은 기존 조질강을 대체할 수 있는 수준을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 비조질강 사용시 금형에 걸리는 부하도 단조 공정 설계의 최적화 과정을 통해 조질강 수준으로 제어할 수 있음을 확인하였다.