

# 프레스 퀘칭에 의한 자동차 드라이브 플레이트 제조에 관한 연구

정우창<sup>#</sup>

## Application of Press Quenching Technology to Automotive Drive Plate

W. C. Jeong

( Received August 30, 2011/ Revised October 13, 2011 / Accepted October 17, 2011)

### Abstract

A new manufacturing process is presented for automotive drive plate using a boron-containing carbon steel sheet, which is hot-formed and press quenched. Particular attention was given to the capability of the process in minimizing dimensional change.

**Key Words** : Automotive Drive Plate, High Carbon Steel, Boron Steel, Press Quenching, Heat Treatment

### 1. 서 론

일반적으로 고탄소강은 탄소함량이 0.3% 이상이고 특수 합금원소를 첨가하지 않은 탄소강(보통강)이나, 탄소함량이 0.15% 이상이고 Cr, Mo, Ni, V, B 등 합금원소가 첨가된 합금강(특수강)을 의미한다[1]. 고탄소강은 구조용강과 공구용강으로 구분되며, 널리 적용 중인 구조용강은 기계구조용 탄소강(SM15C~SM70C)과 합금강인 Cr강(SCr415~SCr440), Cr-Mo강(SCM415~SCM440), Ni-Cr-Mo강(SNCM220) 등이 있다. 공구용 탄소강으로는 STC2~STC7강을 중심으로 STC 공구강에 내마모성이거나 인성 향상을 위해 Ni, Cr, Mo, V 등을 첨가한 NKS32, NKS36, NKS37, NKS 41, NKS49, NKS51, NKS56, NKS60, NKS80, NKS85와 SKS5, SKS51 등이 있다. 최근에는 고가의 경화능 향상원소인 Ni, Cr, Mo, V 등을 줄이고 보론(B)을 첨가한 강종들이 다양하게 개발되고 있다. 0.17%~0.45%의 탄소를 함유한 강에 Mn-B, Mn-Cr-B, Mn-Ni-Cr-B등을

첨가한 보론강이 개발 되어 있다[2].

자동차 드라이브 플레이트(Drive Plate)는 엔진의 크랭크 샤프트(Crankshaft)와 토오크 컨버터(Torque Converter)를 체결하여 엔진 동력을 변속기에 전달하는 기능성 부품으로 제품의 형상(평면도, 평행도) 특성이 우수해야 하고 엔진의 고 회전 시 발생하는 응력에 의한 피로파괴를 억제하기 위해 경도가 높고 충격 인성이 우수해야 한다. 드라이브 플레이트는 열간압연판을 냉간압연과 구상화 어닐링(Spheroidizing Annealing)하여 원하는 형상으로 성형 후 오스템퍼링(Austempering)과 지그템퍼링(Jig Tempering) 혹은 프레스 템퍼링(Press Tempering)을 통해 경도와 혹은 형상 특성을 만족시키게 되지만 열처리과정에서 생긴 변형으로 인해 요구되는 평면도를 만족시키기 어려울 뿐 아니라 거쳐야 하는 제조공정이 길어 원가상승의 요인이 되고 있다[3].

본 연구에서는 자동차 드라이브 플레이트 소재로 널리 사용 중인 STC5강을 보론강으로 대체

<sup>#</sup> 교신저자: 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부,  
E-mail: wcjeong@cu.ac.kr

하고 프레스 성형-오스테퍼링-지그 혹은 프레스 템퍼링 공법을 프레스 퀴칭(Press Quenching) 공법으로 대체하여 제조공정 생략을 통한 원가 절감 가능성을 조사하였다. 프레스 퀴칭은 다이 퀴칭(Die Quenching), 프레스 경화(Press Hardening), 핫스탬핑(Hot Stamping), 핫프레스 포밍(Hot Press Forming) 등으로도 불리어진다[4-7]. 프레스 퀴칭은 오스테나이트(Austenite) 영역으로 가열한 소재를 프레스로 이동시켜 오스테나이트가 퍼얼라이트(Pearlite)나 베이나이트(Bainite)로 변태되지 않은 온도에서 성형하면서 내부에 물이 순환하는 급형에 의해 급냉시켜 강도가 높고 열변형이 적은 제품을 만들 수 있는 기술이다. 현재 전세계에 설치되어 있는 라인은 약 130 개 정도이며 국내에서도 13개의 라인이 설치되었거나 설치 중에 있어 세계적으로 설비투자가 가장 활발하게 일어나고 있는 기술이다[6].

## 2. 연구결과 및 고찰

### 2.1 드라이브 플레이트의 기존 제조공정 및 특성

Fig. 1(a)에 대형 승용차 그랜저에 사용되는 드라이브 플레이트의 미세조직과 비커스경도 측정결과를, Fig. 1(b)에 드라이브 플레이트의 형상과 평면도 측정결과를 각각 나타내었다. 드라이버 플레이트의 무게는 350g, 사용된 강판은 두께 2.0mm이었으며, 공구강인 STC5강(0.85%C-0.25%Si-0.4%Mn)을 블랭킹(Blanking) → 벤딩(Bending) → 피어싱(Piercing) → 오스테퍼링한 후 템퍼링한 제품이였다. 경도는 비커스경도로 427을 나타내어 대부분이 마르텐사이트 조직으로 구성되었으며, 평면도는 0.27mm(-0.16~0.11mm)를 나타내어 기준치 0.40mm 이하를 잘 만족하고 있음을 알 수 있다. 이러한 우수한 평면도는 오스테퍼링 공정만으로 만족하기는 어렵고 오스테퍼링 후 지그 혹은 프레스 템퍼링을 통해 평면도를 향상시켰기 때문인 것으로 추정된다.

### 2.2 STC5강의 구상화 어닐링 특성 연구

드라이브 플레이트는 열간압연판을 재압연업체에서 냉간압연과 구상화어닐링 처리 한 후 성형공정에 투입하게 되지만 본 연구에서는 열간압연판을 구상화 어닐링하여 경도변화를 관찰하였다. Fig. 2에 드라이브 플레이트의 소재로 사용되는

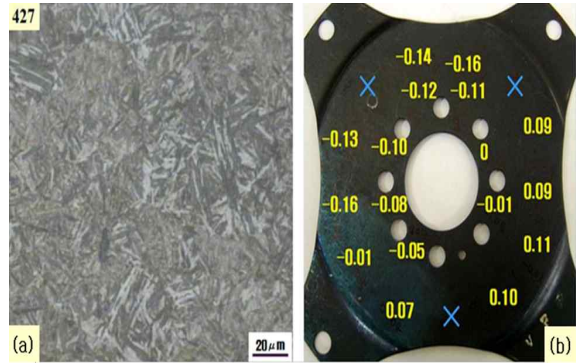


Fig. 1 (a) Optical micrograph and vickers hardness, and (b) degree of planeness of drive plate used in Grandeur

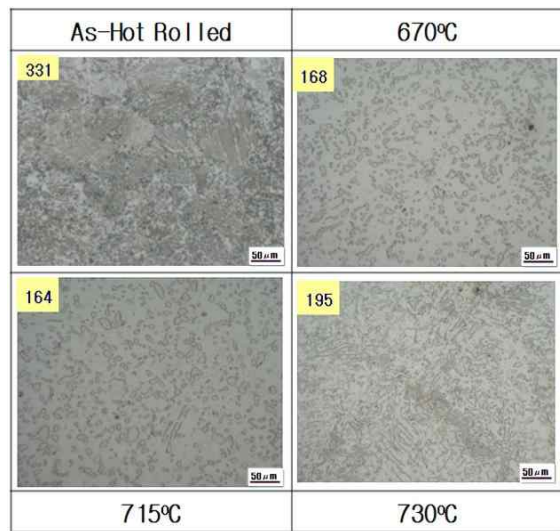


Fig. 2 Optical micrographs and vickers hardness of spheroidizing-annealed steel sheets and as-hot rolled steel sheet

STC5 강 of 구상화 어닐링 온도에 따른 미세조직과 경도변화를 열간압연판의 결과와 함께 나타내었다. STC5강은 공석강에 가까운 조성이어서 열간압연판의 미세조직은 대부분 퍼얼라이트로 구성되어 있으며 비커스 경도는 331로 높은 값을 나타내었다. 본 연구에서 비커스 경도는 두께 중심부에 대해 1kg의 하중으로 5개를 측정하여 얻은 평균값이다. STC5 열연강판을 670~715°C에서 구상화 어닐링하면 164~174로 경도가 감소하였으며, 미세조직은 페라이트 기지에 시멘타이트가 잘 구

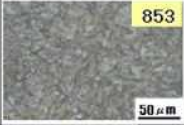




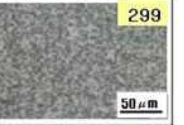

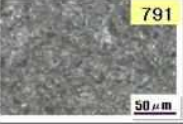




	As- Quenched	Tempered				
		200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
Surface	 853 50 μm	 706 50 μm	 626 50 μm	 450 50 μm	 370 50 μm	 299 50 μm
1/2 t	 894 50 μm	 791 50 μm	 684 50 μm	 497 50 μm	 395 50 μm	 306 50 μm

Fig. 3 Optical micrographs and vickers hardness of quenched and tempered steels

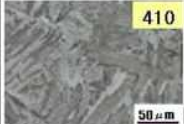
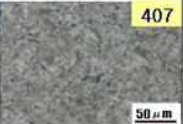
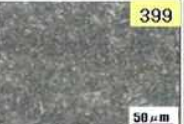
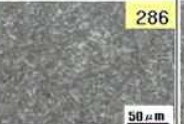
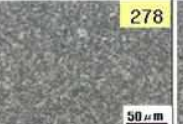

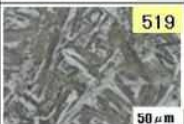
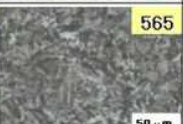
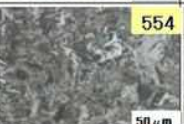


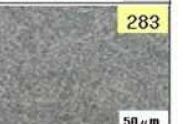
	As- Austempered	Tempered				
		200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
Surface	 410 50 μm	 407 50 μm	 399 50 μm	 286 50 μm	 278 50 μm	 218 50 μm
1/2 t	 519 50 μm	 565 50 μm	 554 50 μm	 463 50 μm	 374 50 μm	 283 50 μm

Fig. 4 Optical micrographs and vickers hardness of austempered and tempered steels

상화 된 조직을 나타내었다. 최적 구상화 어닐링 온도는 670~715°C로 판단된다. 그러나 어닐링 온도가 730°C로 높아지면 다시 퍼얼라이트가 생성되면서 경도가 상승하였다. 이것은 730°C가 공석변태 온도 바로 위 온도에 해당되기 때문이다.

### 2.3 STC5강의 경화열처리 특성 연구

드라이브 플레이트의 소재로 사용되는 STC5강을 경화 열처리와 템퍼링한 후 얻은 미세조직과 경도를 Fig. 3과 4에 각각 나타내었다. 경화 열처리는 열처리 공장의 양산로를 이용하여 STC5강에 적용되는 전형적인 열처리조건에 따라 열처리하였으며, 퀴칭과 오스템퍼링(Austempering) 등 2 종류의 경화 열처리를 적용하였다. Fig. 3에 QT (Quenching and Tempering) 처리한 시편의 미세조직과 경도측정 결과를 나타내었다. 탄소포텐셜 (Carbon Potential) 0.8, 가열온도 810°C에서 30분간 가열한 후 120°C의 오일에 급냉하였으며, 템퍼링을 위해 200~600°C에서 60분간 가열한 후 공냉하

였다. 퀴칭 후 미세조직은 마르텐사이트였으며, 탄소함량이 높아 비커스 경도 853을 나타내었으나 템퍼링온도가 증가하면 급격히 경도가 감소하였다. 드라이브 플레이트에 요구되는 경도는 400°C 근처에서 템퍼링 하면 얻을 수 있었다.

Fig. 4는 오스템퍼링 및 템퍼링 열처리 후 미세조직과 경도측정 결과이다. 탄소포텐셜 0.75, 850°C에서 15분간 가열한 후 340°C의 염욕(Salt Bath)에 이 동시켜 25분간 유지하였다가 공냉하였다. 템퍼링을 위해 200~600°C에서 60분간 가열한 후 공냉하였다.

QT강의 급냉조직이 마르텐사이트인 것에 비해 오스템퍼링 강은 베이나이트 변태온도인 340°C에서 등온처리 되어 미세조직이 베이나이트로 구성됨을 알 수 있다. 표면경도가 중심부 경도보다 낮은 것은 CP가 0.75로 낮으면서 가열시간이 15분으로 짧아 열연강판 표면에 형성된 탈탄층에 침탄이 충분하게 일어나지 않았기 때문이다.

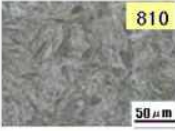
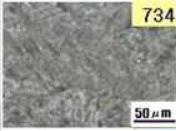
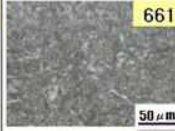
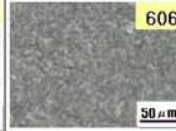
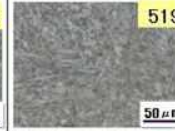
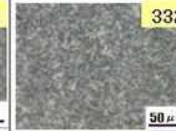






	As- Quenched	Tempered				
		200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
Surface	 810 50 μm	 734 50 μm	 661 50 μm	 606 50 μm	 519 50 μm	 332 50 μm
1/2 t	 586 50 μm	 534 50 μm	 492 50 μm	 412 50 μm	 308 50 μm	 263 50 μm

Fig. 5 Optical micrographs and vickers hardness of carbonitrided and tempered steels


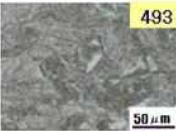
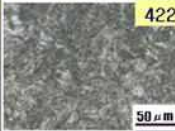
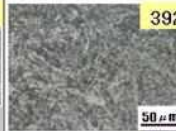
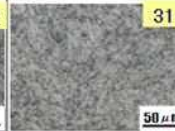
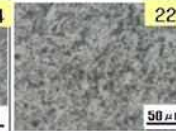

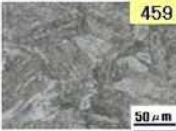
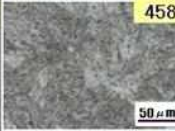

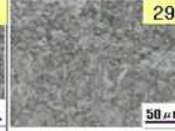
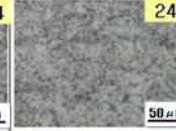
	As- Quenched	Tempered				
		200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
Surface	 486 50 μm	 493 50 μm	 422 50 μm	 392 50 μm	 314 50 μm	 221 50 μm
1/2 t	 468 50 μm	 459 50 μm	 458 50 μm	 411 50 μm	 294 50 μm	 248 50 μm

Fig. 6 Optical micrographs and vickers hardness of quenched and tempered steels






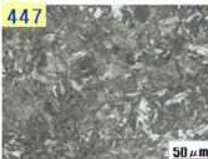
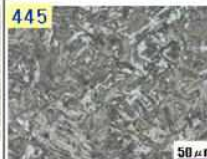
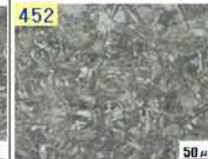


	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C
Surface	 440 50 μm	 442 50 μm	 441 50 μm	 437 50 μm	 411 50 μm
1/2 t	 447 50 μm	 445 50 μm	 452 50 μm	 432 50 μm	 418 50 μm

Fig. 7 Changes in microstructure and vickers hardness with quenching oil temperature

#### 2.4 보론강의 경화열처리 특성 연구

Fe - 0.2%C - 0.2%Si - 1.2%Mn - 0.04%Ti-0.2%Cr - 0.001%B으로 구성된 저탄소 보론강을 경화 열처리와 템퍼링한 후 얻은 미세조직과 경도를 Fig. 5 과 6에 각각 나타내었다. Fig. 5는 침탄질화에 해당

된다. 탄소포텐셜 0.85~1.0, 850°C에서 70분간 침탄질화 처리한 후 100°C의 오일에 급냉하였으며, 템퍼링을 위해 200~600°C 에서 60분간 가열한 후 공냉하였다. 침탄질화 처리후 표면경도는 810을 나타내었으나 침탄질화되지 않은 중심부는 586을

나타내었다.

Fig. 6은 전형적인 QT 열처리에 해당된다.탄소 포텐셜 0.25, 890°C에서 60분간 가열한 후 60°C의 오일에 급냉하였으며, 템퍼링을 위해 200~600°C에서 60분간 가열한 후 공냉하였다. 0.2% 저탄소강이므로 급냉상태에서도 비커스 경도는 468~486 정도를 나타내었다. Fig. 7은 보론강을 가열 후 오일에 급냉할 때 오일온도에 따른 미세조직과 경도변화를 나타낸 것이다. 오일온도가 20~80°C 범위에서는 경도에 대한 오일온도의 영향은 없었으나 오일온도가 100°C가 되면 경도가 감소하였다. 이것은 프레스 퀴칭이 금형내부에 순환되는 물에 의한 간접냉각임으로 금형내부 물의 온도와 금형설계에 의해 경도 제어가 가능함을 의미한다.

이상의 결과로부터 저탄소 보론강을 프레스 퀴칭하면 복잡한 제조공정을 거치는 STC5강을 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

### 2.5 보론강의 프레스 퀴칭 특성 연구

본 연구에서는 Fig. 1의 드라이브 플레이트와 다른 형상을 가지는 원형 모양(직경 243mm)의 드라이브 플레이트(Fig. 8)를 대상으로 프레스 퀴칭 적용 가능성을 연구하였다. 열간압연 판으로 공급된 보론 첨가 저탄소강을 레이저를 이용하여 원형 모양으로 가공하고 여러가지 형태의 홀들을 형성시켰다. 홀 가공이 완료된 원형 블랭크를 930°C에서 10분간 가열한 후 프레스 퀴칭하여 경도와 형상 변화를 조사하였다.

Fig. 8은 원형 드라이브 플레이트의 실제 제품 형상(왼쪽)과 본 연구에서 프레스 퀴칭하여 시제품으로 제조한 드라이브 플레이트 형상 및 프레스 퀴칭에 사용된 상형 및 하형 금형(아래)을 나타내었다.

가열로에서 시편을 꺼내어 프레스 퀴칭이 시작되기 전까지 걸린 시간은 약 6초사 소요되었으나 미세조직 및 경도 측정결과로부터 퍼얼라이트나 베이나이트가 형성되지 않는 온도에서 프레스 퀴칭이 진행 되었음을 확인할 수 있었다. 프레스 퀴칭시간은 20초, 냉매 온도는 약 1°C 이었다. 20초 냉각 후 제품의 표면은 손으로 접촉이 가능할 만큼 냉각이 되어 있었다. 사용된 프레스는 최대 700톤으로 압하가 가능한 기계식 프레스였으나 프레스 퀴칭 시 적용된 실제 하중은 약 90톤 정도로 측정되었다.

Fig. 9에 본 연구에서 프레스 퀴칭으로 얻은 드



Fig. 8 Shapes of actual drive plate(above left) and press-quenched drive plate(above right), and dies for press quenching(below)

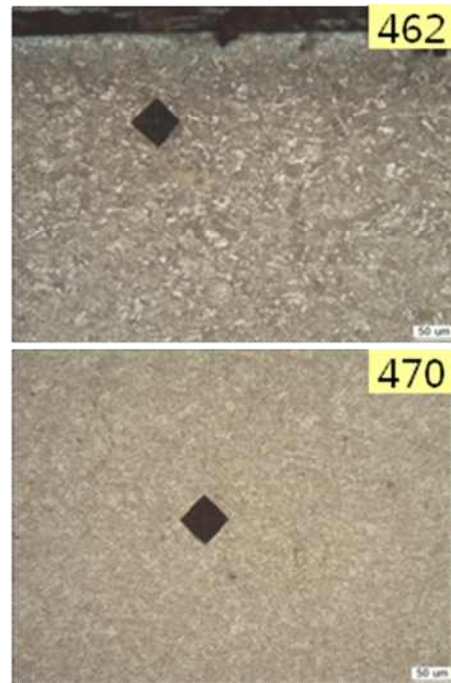
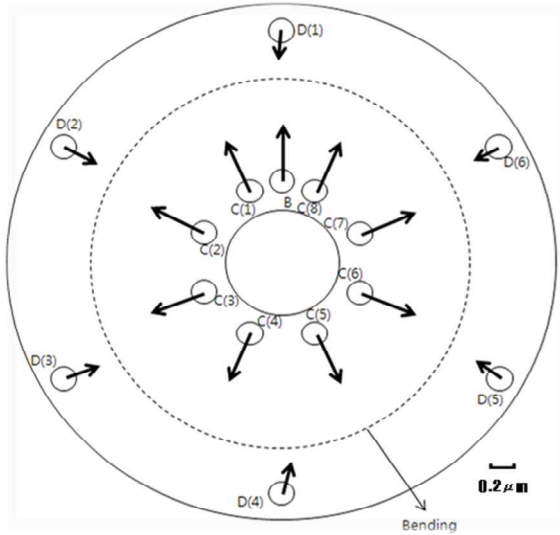


Fig. 9 Optical microstructure and Vickers hardness of press-quenched drive plate

라이브 플레이트에 대해 관찰한 미세조직과 비커스 경도를 나타내었다.



**Fig.10 Dimensional change of automotive drive plate after press quenching.**

프레스 퀘칭 후 얻어진 드라이브 플레이트의 비커스경도는 462~470으로서 실제 제품보다 다소 높았으나 가열온도 및 냉매 온도 제어를 통해 별도의 템퍼링 공정없이도 제품에 요구되는 경도를 만족시킬 수 있을 것으로 판단된다.

프레스 퀘칭 후 평면도는 거의 평면에 가까울 정도로 완벽하게 제어되었으나 피어싱된 홀들은 프레스 퀘칭되는 동안 다소 변형되거나 이동하는 문제점이 발견되었다. Fig. 10은 프레스 퀘칭 후 드라이브 플레이트의 변형 정도와 홀의 위치 이동 정도로 측정하여 도식적으로 나타낸 결과이다. 화살표는 홀의 주 이동 방향을 의미한다.

프레스 퀘칭 후 홀의 평균 변형률은{(성형 전 홀직경- 성형 후 홀직경)/성형 전 홀직경}x100 으로 구하였으며, B, C, D 홀 직경의 평균 변형률은 각각 2.7%, 2.9% 및 3.6%를 나타내었다. 또한 프레스 퀘칭 시 굽힘 변형부가 우선 금형 접촉을 하기 때문에 내측에 위치한 홀 B 및 C가 바깥 쪽으로 당겨져 소성변형이 일어나며 이 때문에 외측에 위치한 D홀에 비해 좌표이동이 큼을 알 수 있었다.

프레스 퀘칭 후의 드라이브 플레이트의 형상 변화와 홀의 위치 이동은 가열되는 동안 일어나는 열팽창, 냉각되는 동안 열 수축, 오스테나이트가 마르텐사이트로 변태될 때 수반되는 열팽창, 고온성형 과정에서 홀 이동 등 여러 가지 요인들

이 복합적으로 영향을 미치기 때문이다. 현재 홀의 위치에 따른 형상 및 위치 변화를 연구 중에 있으며, 정확한 원인이 분석되면 홀 위치나 형상은 금형수정이나 열변형 거동 학습을 통해 해결 할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

자동차 드라이브 플레이트 소재로 널리 사용중인 STC5강을 보론강으로 대체 하고 프레스 성형 - 오스템퍼링 - 지그 혹은 프레스 템퍼링 공법을 프레스 퀘칭 공법으로 대체하여 제조공정 생략을 통한 원가 절감 가능성을 조사하였다.

(1) 보론강 및 프레스 퀘칭 공법을 자동차 드라이브 플레이트의 제조에 적용하면 공정 생략을 통해 원가절감이 가능할 것으로 판단된다.

(2) 프레스 퀘칭 후 얻어진 경도는 460~480으로서 실제 제품보다 다소 높았으며, 피어싱된 홀들이 프레스 퀘칭되는 동안 다소 변형되거나 이동되었다.

(3) 프레스 퀘칭 후 내측에 위치한 B, C 홀의 변형률과 홀의 위치이동이 외측에 위치한 D 홀의 변형률이나 홀의 위치이동보다 컸다.

(4) 가열온도와 오일온도 변화로 요구 정도에 대응할 수 있으며, 프레스 퀘칭 시 홀 위치나 형상변화는 금형 수정이나 열변형 거동 학습을 통해 해결 할 수 있을 것으로 판단된다

#### 후 기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업의 연구비로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] W. C. Jeong, 2007, Application of High Carbon Steels to Automotive Parts, 40<sup>th</sup> Iron and Steel Symposium, Kor. Inst. Met. Mater. Vol. 40, No. 1, pp. 66~80.
- [2] H. K. Kim, 2010, Development Trend in Automotive Steels and Parts for Hot Press Forming, 59<sup>th</sup> Iron and Steel Symposium, Kor. Inst. Met. Mater. Vol. 59, No. 1, pp. 34~45.
- [3] W. C. Jeong, S.W.Baek, 2007, Automotive Drive Plate and its Manufacturing Method, Korean Patent

- 0708760, pp. 1~9.
- [4] Y. R. Cho, 2009, Development Trend in Steels and Parts for Hot Press Forming in Automotive Industry, 42th Iron and Steel Symposium, Kor. Inst. Met. Mater., Vol. 42, No. 1, pp. 56~68.
- [5] S. Y. Kang, S. J. Lee, J. H. Kim, H. K. Lee, 1996, Application of Press Hrdening Tchnology to Atomotive Parts, Trans. Mater. Process, Vol. 5, No.4, pp. 263~268.
- [6] H. J. Im, 2011, Development Trend in Hot Stamping Technology, 64<sup>th</sup> Iron and Steel Symposium, Kor. Inst. Met. Mater., Vol. 64, No. 1, pp. 27~40.
- [7] T. Senuma, K. Kusumi, M. Suehiro, 2006, Hot Stamping: Break-through Technology for Lightening of Automotive Bodies, ISIJ, Ferrum, Vol.11, No. 3, pp. 28~50.