

SCP-1재료 적용을 위한 초경재료 펀치의 내마모성에 대한 연구

김승수¹ · 이민² · 이춘규[†]

(주)비엠씨¹ · 한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 컴퓨터응용기계설계과²
공주대학교 금형설계공학과[†]

A study on the abrasion resistance of punching carbide material of die for the application of SCP-1 material

Seung-Soo Kim¹ · Min Lee² · Chun-Kyu Lee[†]

BEST MOTOR HOUSING & CORE Co.,Ltd.¹

Department of Computer Applied Mechanical Design, Seoul Jungsu Campus of Korea Polytechnic²

Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju National University[†]

(Received May 22, 2019 / Revised June 27, 2019 / Accepted June 30, 2019)

Abstract: Motor core products are used as materials for electrical steel sheets and cold-rolled steel sheets according to the performance of motors. The cemented carbide material of the mold punch applied to the motor core material causes many troubles due to abrasion and burr problem. The selection of these materials has a great effect on the production life, mass production, product quality as well as mold life. The cemented carbide applied to the products of the motor core is recognized as a very important part. In this study, cold rolled steel sheet was applied to motor core SCP-1 steel 1.0mm, and The effects of abrasion and punching oil on the shear process were investigated for the selection of cemented carbide. Experiments were conducted to select and apply cemented carbide only for the motor core punch optimized for cold rolled steel. The results showed that the cemented carbide material of CDK3*** produced the least wear and burrs.

Key Words: High-speed press, Motor core, Progressive Die, SCP-1, Tungsten carbide

1. 서 론

모터코어(Motor Core)는 모터(Motor)중 가장 기본이 되는 제품이며, 과거 기본적인 기능적 부분만 만족하면 성능에 대한 이슈 사항이 없었으나 현재는 모터코어의 성능을 강조함에 따라 재료 특성에 대한 중요성이 대두 되고 있으며, 높은 수준의 품질을 요구하고 있는 추세이다¹⁾. 모터코어의 특성은 공정상 형상에 대한 특성과 성능에 대한 특성으로 구분되고 있으며, 성능에 대한 특성은 코어 재료 선정에 영향을 미치고 있다. 최근 자동차 업계에서는 아연도 강판, 고강도 강판, 신기능 강판을 많이 사용하면서 종래의 가공성 보중에 대한 효율성이 떨어지

고 있다²⁾. 관련하여 모터코어 재료 중 전기강판과 냉연강판의 선정이 많은 비중을 차지하며, 원가절감에 대한 부분도 만족할 수 있는 초경(Tungsten carbide) 재료 선정에 많이 적용 되고 있다.

Lim 등은 고효율 유도 전동기 소형 모터코어 금형개발 연구를 통하여 고효율 유도전동기는 일반 유도 전동기의 발생 손실을 절감시킨 것으로 적은 소비 전력으로 에너지를 절약하고 운전비용이 낮아서 단기간에 조기 설비 투자 비용회수가 가능하고 온도 상승이 크기 않아 전동기 수명을 연장시킬 수 있다고 하였다³⁾.

탄소공구강 제품의 타발 가공 시 클리어런스가 공구마모와 진단특성에 미치는 영향 연구를 통하여 클리어런스가 타발시 공구의 마모에 미치는 영향에 대하여 실험을 통하여 연구하였다⁴⁾.

1. (주)비엠씨

† 교신저자: 공주대학교 금형설계공학과

E-mail: ckt1230@kongju.ac.kr

과거 대부분이 성능이 좋은 전기강판과 열처리 능력으로 성능을 높이는 반면 최근 성능 및 재료의 원가 절감 차원에서 재료두께 증대 및 냉연강판 CR1.0t의 적용이 되는 관계로 금형에 대한 수명과 마모성 등 생산성 향상 및 품질에 미치는 영향에 대한 부분의 연구가 진행 되고 있다.

금형제작 시 재료선정에 따라 기본적인 구조 및 품질, 수명 영향을 미치는 관계가 형성이 된다, 재료두께, 재료의 성분, 타발성, 재료두께에 따른 클리어런스(Clearance)등 금형 제작 시 많은 부분에 영향을 미치며, 제품의 품질에도 상당히 연관성이 있는 것으로 판단되고 있다. 또한 재료 선정 시 금형의 핵심 부품인 초경합금은 금형수명 뿐만 아니라 장기적 양산을 위한 품질확보, 마모로 인한 연마기준의 선정 등이 재료선정의 기준이 되는 중요한 핵심이다. 관련하여 초경합금의 종류와 냉연강판 및 양산조건에 따른 펀칭오일(Punching Oil)의 관계가 중요할 수밖에 없다. 현재 모터코어 금형은 타발 재료에 따라 초경합금 재질의 선정이 필요하며, 전기강판과 냉연강판을 같이 초경합금 재질을 적용하는 경우가 많다. 이러한 문제로 고가의 금형을 제작하고, 재료에 따른 초경합금의 선정에 대한 데이터를 갖고 있지 못하여, 양산처에서는 실제 비용을 감안하여 경험에 의한 품질이 저하되는 초경합금을 선정해서 양산시 품질문제 및 금형 수명단축에 영향을 미치는 경우가 많이 발생 하고 있다.

본 연구에서는 현재 사용되고 있는 초경합금(Tungsten carbide)과 펀칭오일(Punching Oil)의 상관관계를 분석하고 각 공정조건에 맞는 마모성 검증을 실험을 통하여 검증하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1. 실험 조건

모터코어는 고속전단가공으로 양산하는 제품으로 형상 및 열수와 금형의 크기 및 프레스(Press)의 정도에 따라 부품별 마모성이 상이하게 나타나는 경우가 발생한다.

본 연구에서는 프레스 타발 시 펀치(Punch)마모에 영향을 주는 조건을 설정하기 위해서 먼저 동일 적용되는 펀칭오일과 모터코어 양산시 발열로 인한 펀치마모관계를 먼저 실험하였고, 이 실험을 통해 조건의 변화 추이를 동일하게 적용하여 각 공정의 초경합금(Tungsten carbide)재질에 대한 마모성을 비

교 측정하는 방식으로 실험을 통해 검증하였다.

실험 조건은 AIDA 300톤 고속프레스를 사용하였고 금형은 냉연강판 모터코어제품을 실험 대상으로 조건을 동일하게 설정 하였으며 펀칭오일(Punching Oil)의 누적 타발수 온도 변화에 인한 버(burr) 발생 조건 및 금형의 열수에 따른 각 캐비티(Cavity) 별, 버 발생을 하나의 금형 제품으로 평가 실험을 검증 하였다.

2.2. 누적 타발수 대비 제품의 온도 변화

Fig 1과 같이 프레스에 금형을 셋업(Setup) 후 300 (spm) 고속으로 제품을 양산 취출하여 제품의 온도를 접촉식 온도측정기로 측정하였다. 또한 펀칭오일(Punching Oil)과 제품의 타발 수량의 증대로 펀치(Punch)와 다이(Die)의 마모로 인한 제품의 온도변화를 측정하여 실험 평가를 진행하였다.



Fig. 1 High speed 300 ton press 300 spm test

Fig. 2 와 같이 주변 분위기 온도에 의한 온도변수를 최소화하기 위해 접촉식 온도 측정기를 사용하여 측정하였고, 펀칭오일(Punching Oil)과 타발수 누적 증가에 따른 온도 변화를 고찰하였다.



Fig. 2 Product attachment temperature measurement

2.3. 금형 공정별 초경 마모량 실험

프로그레시브(Progressive) 금형 내부에는 제품의 중요 부위마다 제품의 특성에 맞는 공정이 적용되어 있다. 각 공정별 마모가 가장 심한 부위인 슬롯(slot)공정과 샤프트 피어싱(shaft hole)공정을 적용하

여 누적 타발수에 따른 전단 펀치의 인선부 마모성 검증에 실험 평가 하였다.

실험에 사용된 소재 재료는 CR1.0 mm의 냉연강판을 적용하였고 펀치(Punch)의 초경합금(Tungsten carbide)은 Table 1과 같이 3종류를 타발 시 마모성을 실험하였다.

Table 1 Tungsten carbide specification by type

manufacturing country	Korea	The United States	Austria
Tungsten carbide material	D**(1.3 μ m)	CDK3***	H4**(1 μ m)
punch hardness	90.1	90.5	89.1
die hardness	90.1	89	89
superfine particles	UF10	CD-US	CF-H40S

실험에 사용된 초경합금(Tungsten carbide)의 사용은 각 메이커(maker)별, 종류, 경도, 미립자 사양 등, 각 사양별 CR1.0t 전용 재료를 각 열수(Cavity) 별로 적용하였고 미립자의 수에 따른 조도 등은 배제하여 순수 양산시 마모성을 실험하였다.

실험결과를 Table 2의 ㉠에는 샤프트 펀치의 마모를, ㉡에는 슬롯 펀치의 마모된 사진을 나타내었다.

Table 2 Shaft punch & Slot punch wear measurement

㉠ Shaft punch wear measurement [units: mm]

Types of Tungsten carbide punch	photo	wear amount
CDK3***		0.032
H4**(1 μ m)		0.063
D**(1.3 μ m)		0.0104

㉡ Slot punch wear measurement [units: mm]

Types of Tungsten carbide punch	photo	wear amount
CDK3***		0.035
H4**(1 μ m)		0.053
D**(1.3 μ m)		0.064

3. 실험결과 고찰

3.1 누적 타발수 대비 제품온도 변화고찰

Table 3과 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 각 캐비티의 누적 타발수에 대한 펀칭오일 및 제품의 온도변화를 측정된 결과 타발수의 증가에 따라 초기에는 펀칭오일과 제품의 온도가 경로는 다르게 나타났으나, 상승하였으며, 80만타 이후에는 온도상승에 따른 변화는 39 $^{\circ}$ C부근에서 더 이상 상승하지 않는 것으로 고찰되었다.

Table 3 Cumulative number of strokes and temperature change data by cavity

Number	number of shots(ten thousand)	temperature change of product($^{\circ}$ C)		
		Cavity 1	Cavity 2	Cavity 3
1	20	30	32	33
2	40	34	34	37
3	60	37	36	38
4	80	39	39	39
5	100	39	39	39

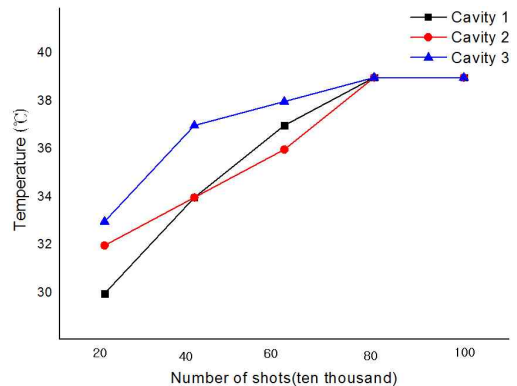


Fig. 3 Cumulative number of strokes and temperature change graph by cavity

3.2 금형 공정별 초경 마모량 실험 고찰

누적 타발수 별 20만타~100만타까지 2배 단위로 마모량의 측정범위를 선정하여 버(burr)의 량도 같이 측정 검증하였다. 마모성 측정은 공구 현미경(MM-60) 25배 사양으로 초경펀치 마모길이를 측정하였으며, 측정 포인트(Point)는 제품 마모성이 가장

취약한 코너(corner) 부위와 인선부의 마모성을 측정하였다.

금형 내 제품 적용 공정은 모터코어 조립상 마모성 및 금형수명보장에 가장 영향을 많이 미치는 샤프트 펀치(Shaft Punch와 슬롯펀치(Slot Punch) 마모 길이 측정 및 버(Burr)량을 Table 4에 나타내었다.

3가지의 초경합금 펀치 종류 별로 같은 조건을 유지하기 위해 한 금형 내에 3열(3cavity) 각각에 대하여, 각 종류의 초경합금 펀치를 조립 후, 1회 20만타, 2회40만타, 3회60만타, 4회80만타, 5회100만타의 누적 타발수 별로 제품의 버(burr)를 측정하였다,

Fig 4에 나타난 것과 같이 측정결과 D(코팅) 사양은 100만타 기준으로 최대 0.035mm의 버(Burr) 발생되었으며, H4 사양은 0.027mm, CDK 3초경(Tungsten carbide)사양은 0.015mm의 최소 Burr가 발생하여, 같은 조건하에 누적타발수 별 버(burr)를 측정한 결과 CR1.0t 재료의 초경합금 펀치 선정에는 CDK 3초경(Tungsten carbide)이 마모성 및 버(burr)의 량이 최소 발생 하였으며, 금형수명의 펀치(Punch)적용에 가장 적합한 결과를 도출되었다.

Table 4 Slot punch & Shaft punch burr measurement data

Number	number of shots(ten thousand)	Bur Height(mm)		
		D**	H4**	CDK3***
		Cavity 1	Cavity 2	Cavity 3
1	20	0.013	0.013	0.012
2	40	0.016	0.016	0.013
3	60	0.023	0.022	0.010
4	80	0.030	0.025	0.011
5	100	0.035	0.027	0.015

슬롯펀치와 샤프트 펀치의 마모길이 측정을 한 결과 버(burr)량과 같이 펀치(Punch)마모 길이도 치수의 차이는 있지만 샤프트 펀치의 경우가 동일한 초경(Tungsten carbide)에서 마모길이가 더 많은 것으로 나타났으며 Fig. 5에 나타난 것과 같이 CDK3*** 초경(Tungsten carbide)의 마모길이가 가장 짧게 발생하는 것으로 나타났으며, 3가지 테스트(Test) 초경합금 중에서 D**코팅 초경합금은 슬롯(Slot)과 샤프트(Shaft)에서 모두 버(Burr)량 0.035mm, 마모길이 슬롯펀치 0.064mm, 샤프트 펀치 0.104mm까지 많은 마모성을 가지고 있는 것으로 도출되었다.

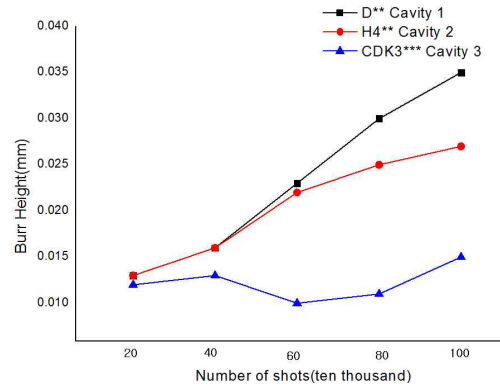


Fig. 4 Slot & Shaft punch cumulative number of strokes and burr graph by cavity

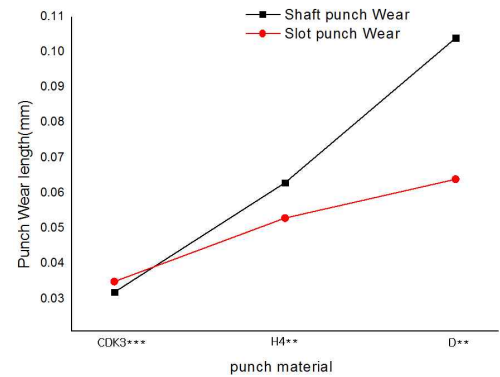


Fig. 5 Shaft punch & Slot punch Wear length

4. 결론

금형수명을 연장하기 위해서는 금형의 구조적 설계도 중요하지만 CR1.0t 제품에 직접 영향을 미치는 펀치(Punch)의 재질인 초경합금(Tungsten carbide) 재질의 중요성을 인식하고 각 중요한 제품의 공정에서 제품의 품질에 영향을 미치는 테스트 결과를 도출하여 제품의 버(burr) 및 초경합금의 마모길이를 타발수 및 각 단계 별로 마모성 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1) 동일한 금형 내에서 3개의 열(Cavity)에 동일 초경합금 펀치(Tungsten carbide)를 적용 후 같은 펀칭오일(Punching Oil) 및 프레스(Press) 연동 작업 시 온도에 의한 버(burr) 및 초경합금(Tungsten carbide)의 마모 테스트(test)를 실험한 결과 동일 초경(Tungsten carbide)에서 80만타 이전 미세한 온도 차이가 발생하였으나 80만타 이후 제품온도의 변화량

은 동일한 것으로 도출 되었으며 누적 타발수가 증가함에 따라 제품 온도도 미세하게 상승하는 것으로 나타났다.

2) 20만타 타발에서는 3개의 열(Cavity) 모두 30~33도였으며, 최종 100만타 타발시 39도의 제품 온도를 유지 하였다. 위 결과의 데이터(data)를 보았을 때 제품 양산 시 온도 차이에 의한 각 열의 변화는 미비한 것으로 고찰되었다.

3) 한 금형 내에 3개의 열(Cavity)별 다른 종류의 초경합금 펀치(Tungsten carbide Punch)를 적용하여 마모성 및 제품의 버(burr) 증가량을 측정 한 결과, 1열(Cavity) CDK3***의 슬롯(Slot) 펀치의 마모량은 100만타 기준으로 0.035mm ,버(Burr)의 량은 0.015mm로 나타났으며 2열(Cavity) H4*의 초경합금 펀치의 마모량은 0.053mm ,버(Burr)의 량은 0.027mm, 3열(Cavity) D**코팅의 초경합금 펀치의 마모량은 0.064mm, 버(Burr)의 량은 0.035mm로 고찰되어, 냉연 강판 CR1.0t의 전용 초경합금 펀치로는 CDK3***의 초경(Tungsten carbide)이 마모성 및 버(Burr)량의 가장 적합한 것으로 나타났다.

4) 금형내 중요한 샤프트(Shaft) 공정의 테스트(Test)에서도 1열(Cavity)에 적용된 CDK3***의 샤프트(Shaft) 초경합금 펀치의 마모량은 100만타 기준으로 다른 초경(Tungsten carbide) 재종 보다 마모성에서는 가장 적합한 것으로 나타났다.

5) 현재 냉연 강판 CR1.0t 재료의 금형 펀치(Punch) 및 다이(Die)의 초경(Tungsten carbide) 선정에서 많은 비용을 투자하고, 금형수명에서의 양산 및 수리 시 많은 실패(Loss) 비용이 발생함에 따라 초경(Tungsten carbide) 선정에서의 양산치의 마모성 테스트(Test)의 결과를 장기적으로 같은 조건으로 판단하기 힘들고 양산처에서 프레스(Press)의 영향

및 금형 구조적 제품형상의 다변화로 조건에 따라 차이는 발생하나 조금이나마 장기적 data로 검증된 테스트(Test)가 필요하다고 판단된다.

위 결과와 같이 향후 신규 금형 제작 시 많은 고가의 초경(Tungsten carbide) 재종 및 재질 별 테스트(test)를 진행하여 CR1.0t의 냉연 강판 재료의 적합한 초경(Tungsten carbide)을 선정하고, 금형 수명 연장에 더욱 더 적합한 재료 등이 나올 것으로 판단되나, 양산 현장에서의 꾸준한 data를 객관적으로 실험 테스트(Test)를 통하여 판단되는 것이 중요하다고 판단된다.

참고문헌

- 1) Seung-Soo Kim, Yang-Jin Kim, Bon-Bin Goo, Wan-Sub Kim, Chun-Kyu Lee. "A study on the embossing Height displacement of high speed press bottom point accordance", journal of the korea society of die&mold engineering 10th V2, pp. 29-33, 2016.
- 2) D.H.Ha, Y.S.Kim "Optimization of the Tool Geometry of PSST", The Korea Society of Automotive Engineers, V2, pp. 503-508, 1997.
- 3) Lim, Sae-Jong, Choi, Kye-Kwang, "Development of Small Motor Core Die for High Efficiency Induction Motor", pp. 249~251, 2009. May 22
- 4) Ryu Ki Ryong, "A Study on the effect of clearance in the tool wear and shear characteristics on the occasion of press stamping working of carbon tool steel products", Kyungpook National University Graduate School, 2012.