

SAPH400의 CO₂ 레이저 절단시 절단특성에 관한 연구 박종남*(조선대 대학원 기계공학과), 조규재(조선대 기계공학과)

A Study on the Cutting Characteristics in CO₂ Laser Cutting of SAPH400
J. N. Park*(Mech. Eng. Dept., Graduate School, CSU), G. J. Cho(Mech. Eng. Dept., CSU)

ABSTRACT

In the cutting of plate steel, the quality of the cut surfaces is strongly dependent on the cutting conditions such as cutting speed, plate thickness, power, kerf width and gas pressure etc.

The cutting tests of Steel Automobile Press Hot were carried out using CO₂ Laser cutting machine. The kerf width and surface roughness of a section are examined at various cutting conditions.

This paper deals with cutting characteristics of Steel Automobile Press Hot(SAPH400) using CO₂ Laser Cutting Machine.

Key Words : Laser cutting machine(레이저 절단기), Cutting characteristics(절단특성), SAPH; Steel Automobile Press Hot(자동차구조용 열간압연강재), Surface roughness(표면 거칠기), kerf width(절단 폭)

1. 서론

최근 산업사회의 동향을 보면 제품의 생산은 다 품종 소량생산체제로 수요에 부응 할 수 있는 방향으로 대처해 나가야 하며, 이르기 위해서는 보다 신속정확한 가공방법이 뒤따라야 한다고 본다.

일반적으로 가공 중에서 절단은 기계적인 절단방법이 활용되고 있었으나, 절단속도, 절단면의 조도, 금형의 제작, 공구의 수명관계 등 많은 제약을 받아 온바 최근에는 레이저를 많이 이용한다.

레이저가공은 기존의 다른 가공방법과 비교하면 적용범위가 넓고, 다양한 활용이 가능해 향후의 생산 수단에 있어 필수적인 가공법이라 할 수 있다.

레이저를 이용한 가공은 레이저기술, 빔 전송 장치기술, 가공기계 제작기술, 제어기술, 가공기술 등이 상호 복합적으로 연결되어 발전되어야 한다. 그러나 우리나라의 과학기술은 그러한 수준에는 미진하여, 가공기술의 기반이 취약 할 뿐만 아니라 그 힘을 응집시키지 못하고 있는 현실이다.

따라서 본 연구에서는 자동차 프레임 및 휠 등에 많이 사용되고 있는 자동차구조용 열간압연강재를 CO₂레이저 가공기를 이용하여 절단에 기초를 두고 유입가스의 압력변화, 출력변화, 그리고 절단속도 변

화에 따른 절단조건이 절단특성에 미치는 영향에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 레이저 절단의 원리

레이저 빔이 물체표면에 수렴되어 작용하고, 작용부위가 용융점 또는 그 이상으로 가열된 후 절단 가스의 작용으로 용융된 부위가 아래로 축출된다. Repp, V E¹⁾는 절단과정에서는 공구와 가공물간의 접촉이 없어서 기계적인 힘이 가공물에 작용하지 않고, 다른 방법의 절단에 비해 절단속도가 빠르며 가공물 표면에 거의 수직으로 절단면이 형성된다는 점과 낮은 표면 거칠기와 열영향부가 작다는 특징을 알아내었다.

한유희²⁾는 절단면의 최적조건은 식(1)의 각 고정 변수들을 적정화함으로써 얻을 수 있다고 하였으며, Fig. 1은 레이저의 절단원리를 나타내고 있다.

$$Q = f(L, P, G, F) \quad (1)$$

여기서, Q : Quality, f: Function, L: Laser, P: Process, G : Cutting gas, F : Focussing

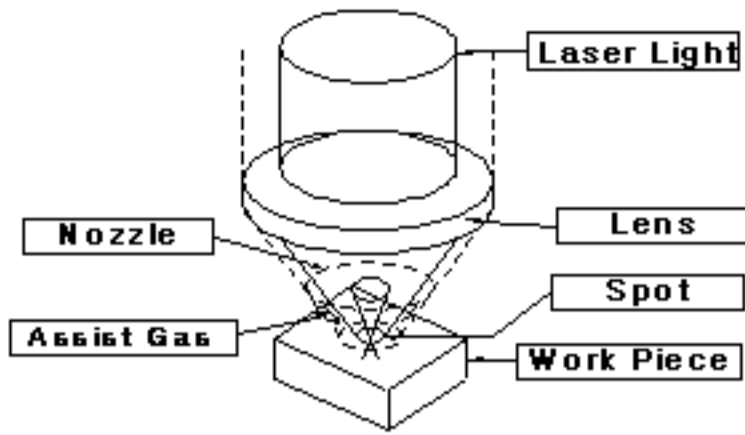


Fig. 1 Principle of laser cutting

3. 실험장치 및 실험방법

3.1 시험편

본 실험에 사용된 재료는 자동차구조용 열간압연 강재로 주로 자동차의 프레임과 휠의 재료로 사용되고 있는 두께 7mm의 SAPH400 이다.

재료의 기계적 성질 및 화학성분은 Table 1, 2와 같다.

Table 1 Mechanical properties of material

Material	Tensile strength (kg/mm ²)	Yield point (kg/mm ²)	Elongation (%)	Hardness (H ₂ C)
SAPH400	41	26	26	70

Table 2 Chemical composition of material

Material	C(%)	Si(%)	Mn(%)	P(%)	S(%)	Nb(%)
SAPH400	0.2	0.38	0.47	0.031	0.028	0.043

3.2 실험장치

본 연구에서 사용된 실험장치는 CO₂ 레이저가공기(AMADA, LC-1212 α III)로 Fig. 2에 나타내었으며, 레이저가공기 사양은 Table 3에 나타내었다.



Fig. 2 CO₂ Laser cutting machine

Table 3 Specifications of machine

Specification	Standard
Max. worksheet size	2540×1270mm
Max. worksheet weight	220 kg
Carriage(X-axis)travel	1270mm
Lasre head (Y-axis)travel	1270mm
Lasre head (Z-axis)travel	300mm
Max. cutting feed rate(X&Y)	20m/min
Max. rapid feed	X:80m/min
	Y:80m/min
	Z:60m/min
Positioning accuracy	± 0.01mm/500mm
Positioning repeatability	± 0.005mm
Table height	820mm
Work chute size(X×Y)	520×1270mm
Power supply	200V(±10%), AC, 50/60 Hz(±1 Hz), 3-phase,10kVA
Compressed air supply	9.5(kg/cm ²)
Dimensions(W×D×H)	2500×5700×2275mm
Weight	4700 kg

3.3 실험방법

본 실험은 두께 7mm의 SAPH400을 절단속도, Gas의 압력 및 출력을 변화시켜 열에 의한 변형을 최소화하기 위하여 절단간격을 두께에 의한 표준 값 보다 큰 10mm 간격을 유지하여 15mm× 15mm의 크기로 절단하였다. 레이저 출력은 레이저광을 연속적으로 출사하는 연속파(CW출력)형태로 가공하여 표면 거칠기(Ra)를 측정하였다. 실험조건 각각의 변수에 따른 절단면의 표면 거칠기는 표면조도 측정기(KOSAKA, DSF-1000)를 이용하여 판 두께의 중앙부(Rm)를 5회 반복하여 측정하여 최대 값과 최소 값을 제외한 나머지 3회 측정치의 평균값으로 정하였다.

시험의 절단조건은 Table 4와 같다.

Table 4 Cutting condition of specimen

Item	Cutting condition
Cutting speed(mm/min)	700, 800, 900, 1000, 1100
Gas compressure(kg/cm ²)	0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9
Output of power(W)	1300, 1400, 1500

4. 실험결과 및 고찰

4.1 표면 거칠기

본 실험에서는 출력을 각각 1300W, 1400W, 1500W로 고정하고 절단속도를 700mm/min에서 1100mm/min까지 100mm/min 간격으로, 절단가스의 압력을 0.5kgf/cm²에서 0.9kgf/cm²까지 0.1kgf/cm² 단위로 변화시켜 표면 거칠기(R_a)를 측정하였다.

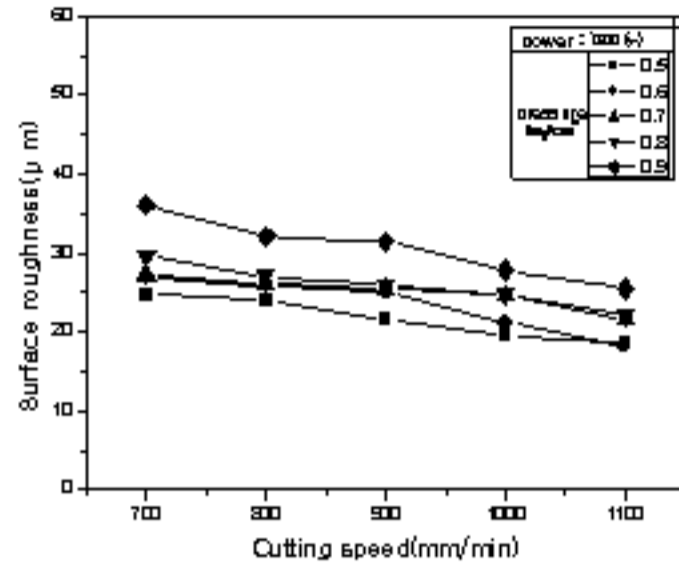
Fig. 3(a)는 출력을 1300W로 고정하고 절단속도 및 절단 가스압력을 변화시켰을 때 얻어진 실험치를 도시한 것이다. 그림에서 표면 거칠기는 압력이 0.5kgf/cm²에서 가장 양호하였으며, 절단속도가 1100mm/min에서 18.19 μ m 값을 나타내었다. 0.9kgf/cm²에서는 절단속도가 낮을수록 단위길이 당 에너지양이 많게 되어 표면 거칠기 값은 35.98 μ m로 가장 불량한 절단면을 나타냈으며, 절단속도가 증가함에 따라 표면 거칠기는 점차 양호함을 알 수 있었다. 이상의 결과로부터 절단속도는 표면 거칠기와 상관관계를 맺고 있으며 절단속도가 느릴 경우, 온도구배가 완만하여 절단전부의 용융슬래그/금속 모재에 이르는 범위가 크게 되고 슬래그의 점도보다 용융금속의 점도가 낮아 용융금속부위가 절단 가스에 의해 제거되므로 절단 폭도 넓어지고 절단면의 질도 저하되어 높은 표면 거칠기 값을 나타내고, 절단속도가 빠를 경우, 온도구배는 너무 급격하게 형성됨으로써 응고가 그만큼 빠르게 되어 표면장력으로 인한 보상이 이루어지지 않고 슬래그/용융금속이 절단 하부에서 제거된 흔적이 남게 되어 결국 표면 거칠기가 저하되는 결과를 초래하게 된다.

Fig. 3(b)는 출력을 1400W로 고정하고 절단속도 및 절단 가스압력을 변화시켰을 때 얻어진 실험치를 도시한 것이다. Fig. 3(b)에서도 Fig. 3(a)처럼 표면 거칠기 값은 절단속도가 빠를수록, 절단가스압력이 낮을수록 양호해짐을 알 수 있었다.

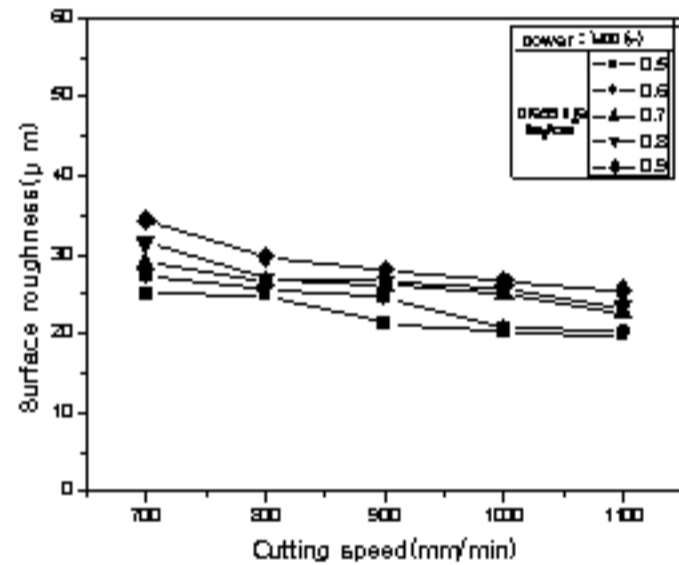
Fig. 3(c)는 출력을 1500W로 고정하고 절단속도 및 절단 가스압력을 변화시켰을 때 얻어진 실험치를 도시한 것이다. 이 조건에서도 절단가스압력이 낮을수록, 절단속도가 빠를수록 표면 거칠기는 양호하였으며, 절단가스압력이 0.5kgf/cm², 절단속도가 1100mm/min일 때 표면 거칠기는 전체 실험조건 중 가장 양호한 18.06 μ m의 값을 나타내었다.

4.2 절단 폭

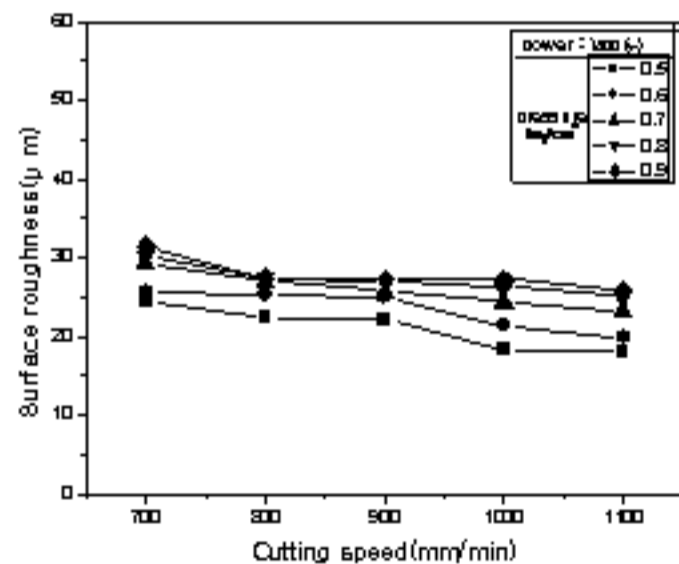
레이저를 이용한 절단은 빔의 특성인 높은 에너지 정밀도, 빔의 직경, 펄스 출력 등의 장점을 이용하여 절단조건을 설정한다. 레이저 절단 시 양호한 가공면을 얻으려면 절단 폭을 좁게 하고 드로스의 두께를 작게 하는 등 절단속도와 유입가스압력의 효과적인 선택이 중요하다.



(a) Power 1300W

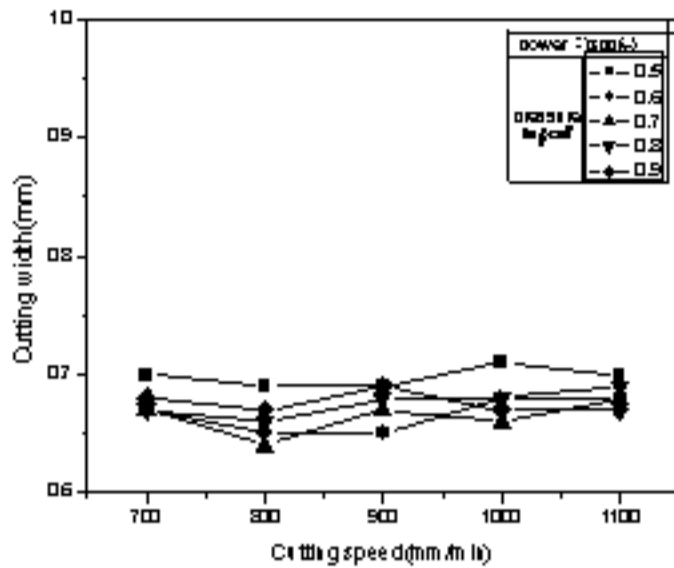


(b) Power 1400W

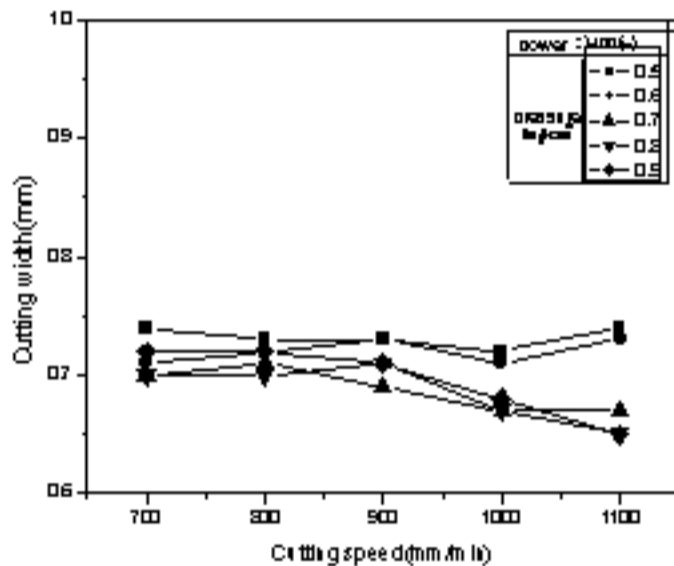


(c) Power 1500W

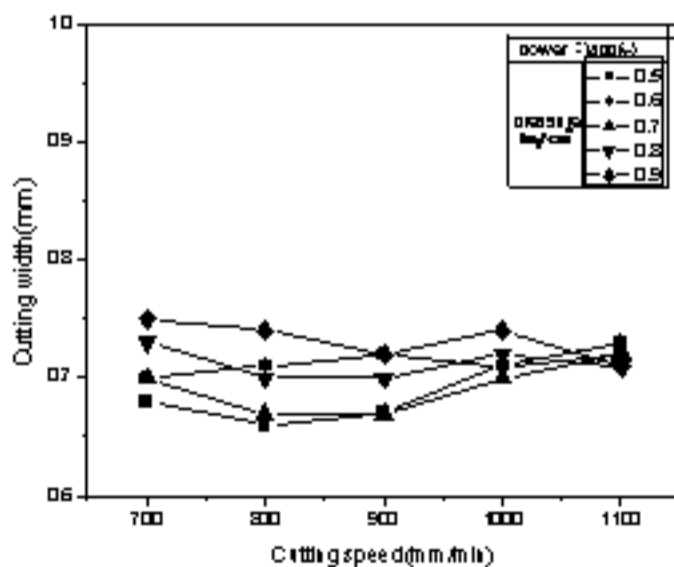
Fig. 3 Surface roughness from cutting conditions



(a) Power 1300W



(b) Power 1400W



(c) Power 1500W

Fig. 4 Cutting width from cutting conditions

Fig. 4(a)~(c)는 출력을 각각 1300W, 1400W, 1500W로 고정한 후 가스 압력 및 절단 속도에 따른 절단 폭의 값을 도시하였다. 그림에서 보는바와 같이 본 실험에 적용한 가공조건에서의 절단 폭은 0.63 mm~0.75mm로 모두가 대체로 안정된 모습이나 출력 1300W, 절단속도 800mm/min에서 실험 적용범위내 유입가스압력의 변화에 상관없이 최적가공 조건이 되었다.

5. 결론

본 실험적 연구에서는 자동차 프레임 및 휠 등에 많이 사용되고 있는 자동차구조용 열간압연강재를 CO₂ 레이저가공기에서 절단 조건을 여러 가지로 변화시켜 가면서 절단 시험을 실시한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 출력의 조건에서 절단가스압력이 0.5kgf/cm²일 때 표면 거칠기는 가장 양호하였으며, 모든 절단가스압력의 조건에서 절단속도가 빠를수록 표면 거칠기 양호하였다.
2. 출력을 1500W로 고정하고 절단가스압력을 0.5 kgf/cm², 절단속도를 1100mm/min 로 하였을 때 표면 거칠기는 18.06 μ m로 가장 양호한 값을 나타내었다.
3. 절단 폭은 모든 조건에서 0.63mm~0.75mm로 대체로 안정적으로 나타났으며, 출력 1300W, 절단속도 800mm/min, 유입가스압력 0.7kgf/cm²에서 가장 양호하였다.

참고문헌

1. V. E. Repp, "Metalwork Technology and Practice", Glencoe McGraw-Hill, pp. 573~575, 1994.
2. 한유희, "레이저 가공기술", 한국기계연구원, 1990.
3. 金阿 櫻(Kanaoka masaru), "레이저 가공기술", (주) 한국산업정보센터, 2000.
4. 大澤敏彦, 小保方富夫, "レーザー計測" 裳華房, 1999.
5. 工作機械技術研究會, "レーザー加工", 大河出版, 1990.
6. 유종인, 유연석, "Laser입문", 청범출판사, 1993.
7. 강범식, "CO₂ Laser 절단 조건에 따른 절단면의 표면 거칠기 분석", 한국교원대학교 교육대학원 석사학위 논문, 2000.