

플라스틱 초음파 결합기술

한국폴리아세탈(주)
KOREA POLYACETAL CO., LTD.

KPAC

서울시 중구 소공로 94, 14층 (소공동, OCI빌딩)
14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel +82-2-728-7400 Fax 82-2-714-9235 www.gpac-kpac.com

I. 플라스틱 결합(접착) 기술

1. Welding과 Bonding

- (1) Welding : 추가적인 접착제가 필요 없다
- (2) Bonding : 추가적인 접착제 및 bonding agent가 필요하다

2. Welding의 종류

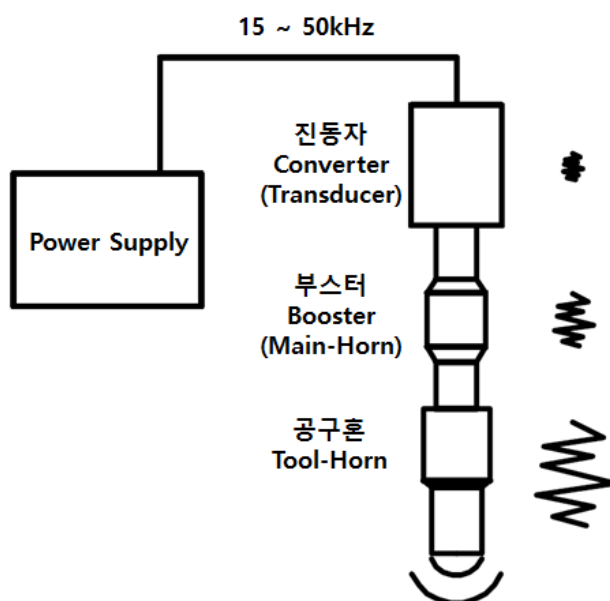
- Ultrasonic welding
- Ultrasonic heat staking
- Hot-plate welding
- Spin welding
- Vibration welding
- Laser welding

3. Bonding의 종류

- Solvent and adhesive bonding
- Radio frequency bonding
- Electromagnetic bonding

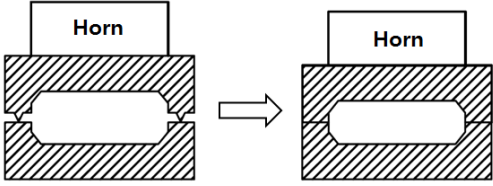
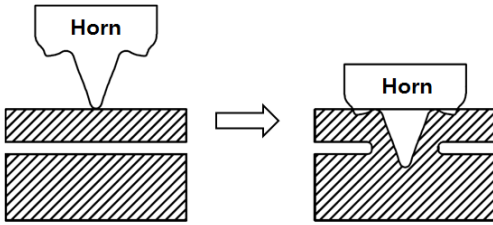
4. 플라스틱 초음파 용착 및 가공기술

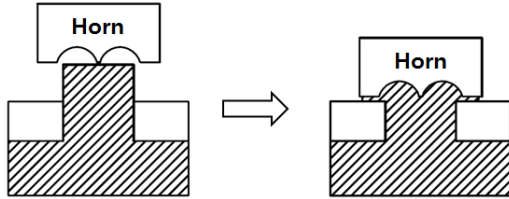
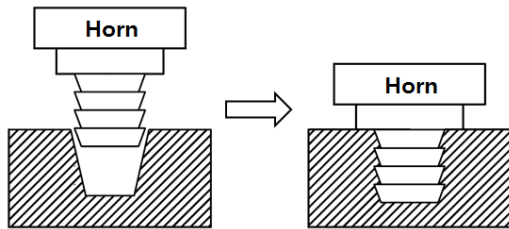
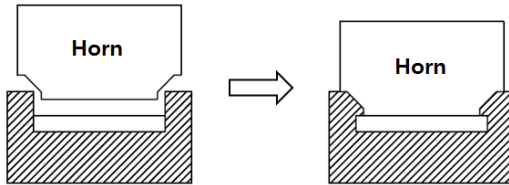
(1) 초음파 용착 원리

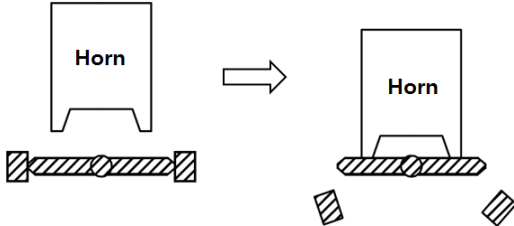


초음파 플라스틱 용착기는 110V(220V) 60/50Hz의 전원 입력을 발진기를 통하여 전기적 에너지로 변환시키고 이것을 다시 진동자(converter)를 통하여 기계적 에너지로 전환되어 15~70 kHz의 진동이 일어나며(일반적인 초음파 용착기는 20~40kHz), 이 진동이 부스터에서 진폭이 조절되어 혼을 통하여 가압이 이루어지면 플라스틱 접합면에서 순간적인 마찰열이 발생하여 플라스틱(열가소성 합성수지)이 용해되어 강력한 분자적 결합이 이루어진다.

(2) 초음파를 이용한 플라스틱 용착 및 가공방법

주요 방법		
Welding		<p>플라스틱 점착방법으로 가장 많이 사용하는 방법으로 접합면에 용착이 가능하게 돌출부위를 형성시켜 초음파 진동을 가하면 순간적 마찰열이 발생하므로 플라스틱을 용해시켜 강하게 접착된다.</p>
Spot Welding		<p>소형 핸드 용착기를 사용하여 2개의 플라스틱 판을 부분 용착시키는 방법으로 다른 응용방법처럼 홈을 내거나 에너지 director를 세우지 않고 직접 초음파 진동을 받은 혼(팁)이 상판 플라스틱을 용해 관통하여 하판 플라스틱 두께의 반 정도까지 삽입되며 이때 접합면 주위에 용해된 플라스틱이 흘러 들어가 강력한 분자적 결합이 이루어진다.</p> <p>이 방법은 자동차의 제설관이나 부품, 설산차, 트레일러, 가구류 등 거대한 플라스틱 제품이나, 표준형 용착기로는 용착이 불편하거나 복잡하고 정밀성이 요구되는 제품에 널리 이용된다.</p>

Staking		<p>플라스틱과 금속의 이물질을 조립하는데 사용하는 방법으로 조립하고자 하는 상판 금속에 작은 홈을 내어 하판 플라스틱의 stud에 초음파 진동을 가하면 stud가 용해되어 혼의 모양대로 융착이 된다. 이때 다른 응용방법과 마찬가지로 초음파 에너지를 집중시키고 융착 시간을 줄이기 위해 혼과 플라스틱 stud가 접촉하는 면적을 최소로 줄여야 한다.</p>
Inserting		<p>플라스틱 금속을 삽입시키는 방법으로 플라스틱 판 위에 삽입하고자 하는 금속의 외경보다 작은 홈을 낸 후 금속을 올려놓고 초음파 진동을 가하면 금속과 플라스틱의 경계면에서 열이 발생하여 금속이 삽입된다. 이때 사용되는 금속들은 홈이 파져 있어 삽입 시 용해된 플라스틱이 금속의 홈에 부착되므로 강력한 기계적 결합이 이루어지며 종래의 금속을 넣고 사출하는 경우에 발생하는 금형의 파손 등을 방지할 수 있다.</p>
기타 방법		
Swaging		<p>플라스틱에 금속 또는 유리 등을 부착시키거나 금속에 플라스틱으로 후처리를 하여 형태를 잡아주는데 사용하는 방법으로 특수하게 디자인된 혼으로 일차적으로 플라스틱을 변형시킨 후 초음파 진동을 가하면 혼과 접촉되어 있는 플라스틱이 용해되어 융착이 된다. 이때 사용되는 플라스틱은</p>

		탄성이 좋은 PP, 하이백, ABS, 폴리에틸렌, 셀룰로오즈 등이며 화장품 케이스나 플라스틱 튜브, 메탈 스크린에 이용된다.
Gate Cutting		사출물의 런너에서 게이트를 절단하여 제품을 분리시키는 방법. 절단부의 형상이 미려, 작고 많은 성형품을 짧은 시간에 절단할 수 있으며, 게이트 커팅 부위에 특수 설계가 요구된다.

(3) 초음파를 이용한 접착기술의 특징과 불리한 예

특징	불리한 예
<ul style="list-style-type: none"> - 접착제 불필요 - 순간적으로 용착 (0.1초~1초) - 제품 표면의 변형이나 변질이 없고 깨끗 - 원가 절감 및 양산 가능 - 용착면이 견고하고 우수 - 사용방법이 간편하며, 작업이 편리 	<ul style="list-style-type: none"> - 재생원료를 사용하였을 때 - 분자구조가 다른 수지일 때 - 이물질이 섞여 있을 때 - 혼으로부터 제품 접합면의 전달거리가 길 때 - 초음파 용착에 부적합하게 사출물이 설계 되었을 때

(4) Welding 및 Spot Welding 시 문제점 및 해결방안

문제점	해결방법
용착이 불충분할 때	용착시간을 증가시킨다.
	가압력을 증가시킨다.
	프레스 하강속도를 느리게 조절한다.
지나치게 용착될 때	용착시간을 감소시킨다.
	가압력을 감소시킨다.
제품강도가 불충분할 때	용착시간을 증가시킨다.
	냉각타임(hold time)을 증가시킨다.
	가압력을 증가시킨다.
	프레스 하강속도를 느리게 조절한다.
Flash(burr)가 발생할 때	용착시간을 감소시킨다.
	가압력을 감소시킨다.
	에너지 디렉터(energy director=weld line)의 크기를 작게

	한다.
	조인트부의 공차를 험겁게 한다.
표면에 Scratch가 발생할 때	용착 시간을 감소시킨다.
	가압력을 감소시킨다.
	공구 혼과 메인 혼 사이의 결합상태를 점검한다.
	공구 혼에 상처가 발생했는지 점검한다.
	혼과 제품이 꼭 맞는지 점검한다.
	지그(jig = fixture)와 제품이 꼭 맞는지 점검한다.
	지그에 심(shim)을 적당히 넣는다.
	스터드(stud:체결볼트)의 헐거움 상태를 점검한다.
제품이 파손될 때	가압력을 감소시킨다.
	용착시간을 감소시킨다.
	프레스 하강속도를 느리게 조절한다.
용착 후 제품에 Crack이 가거나 잘 붙지 않고 분리될 때	냉각타임(hold time)을 증가시킨다.
	용착 시간을 감소시킨다.
	가압력을 증가시킨다.
기계에 과부하가 걸릴 때	가압력을 낮춘다.
	프레스 하강속도를 느리게 조절한다.
	Power supply의 tuner를 조절한다.
	볼트의 헐거움을 점검한다.
	공구 혼과 메인 혼 사이의 체결상태를 점검한다.
	Power supply의 용량이 부족하다.
조인트부가 균일하게 용착이 안될 때	제품 치수를 점검한다
	에너지 디렉터(=weld line)을 다시 디자인한다.
	지그를 다시 만든다.
	용착 도중 제품에 흔들림이 발생하지 않도록 확실히 고정 되어 있는지 점검한다.
같은 용착 조건에서 제품의 용착 상태가 자주 변할 때	제품치수를 점검한다.
	제품공차를 점검한다.
	플라스틱 배합상태를 점검한다.
	공기압이 일정한지 점검한다.
	전압이 일정한지 점검한다.
	조인트(= weld line)부를 다시 디자인한다.
	수분함량이 너무 많다.
	제품을 말린다.

용착된 제품의 정렬이 맞지 않을 때	공구 혼과 지그 사이의 정렬이 맞았는지 점검한다.
	제품치수를 다시 디자인한다.
	지그가 단단히 고정되었는지 점검한다.

(5) Staking 시 문제점 및 해결방안

문제점	해결방법
헤드모양이 충분하게 형성되지 않을 때	용착시간을 증가시킨다.
	냉각시간을 증가시킨다.
	가압력을 증가시킨다.
보스가 구부러질 때	프레스 하강속도를 감소시킨다.
	웰드타임을 증가시킨다.
	가압력을 감소시킨다.
보스가 부러질 때	가압력을 감소시킨다.
	프레스 하강속도를 감소시킨다.
혼에 플라스틱이 묻어날 때	냉각타임을 증가시킨다.
	웰드타임을 감소시킨다.
Staking 타임이지나 칠 때	웰드타임을 감소시킨다.
	냉각시간을 감소시킨다.
	가압력을 증가시킨다.
	프레스 하강속도를 증가시킨다.
Staking 후 헤드모양이 일정하지 않을 때	Staking 홈을 작게 한다.
	보스높이를 크게 한다.
Flash(burr)가 지나치게 발생할 때	Staking 홈을 작게 한다.
	보스높이를 작게 한다.
	홈과 보스의 정렬이 맞지 않을 때
헤드모양이 잘 형성되지 않고 무너질 때	보스가 녹아 가압력을 감소시킨다.
	프레스 하강속도를 감소시킨다.
헤드가 일그러지거나 자극이 발생할 때	가압력을 감소시킨다.
	지그와 제품, 제품과 혼의 정렬을 점검한다.
제품이 Staking 후에도 헐거울 때	냉각시간을 증가시킨다.
	Stopper의 높이를 조절한다.
	용착 시간을 길게 한다.
보스 뿌리가 부러질 때	보스 뿌리를 라운드지게 한다.
	혼과 보스의 정렬을 맞춘다.

제품 사이로 플라스틱이 흘러나올 때	메탈부분이 제자리에 놓여 있지 않다.
	외부에서 조임 장치를 사용한다.
	용착 시간을 조절한다.

5. 열가소성수지의 초음파 특성과 적합성

(1) 열가소성수지의 용착력에 관계된 인자 : 경도, 탄성률, 밀도, 마찰계수, 열전도율, Tg 등에 의해 결정된다

1) 탄성률

- ① 탄성률이 높은 재료 : 초음파 진동에너지를 용이하게 전달할 수 있기 때문에 welding에서 우수한 초음파 용착 효과를 보인다.
- ② 탄성률이 낮은 재료 : 초음파 진동에너지가 감소되기 때문에 welding에는 불리하나, staking이나 spot welding에서는 유리하다.

2) 비결정성과 결정성 수지

- ① 비결정성 수지 : 초음파에너지 전달이 용이하여 초음파 용착이 잘된다. 용융온도 범위가 넓기 때문에 서서히 부드러워져 일정온도에 이르면 용융되며 단시간에 응고되지 않는다.
- ② 결정성 수지: 결정구조 때문에 비결정성 수지보다는 더 많은 양의 에너지를 필요로 하고 또한 용점이 높기 때문에 용융과 응고가 단시간에 이루어진다. 이러한 이유로 결정성 수지의 용착에서는 비결정성 수지에 비교하여 높은 출력과 진폭이 필요하며 조인트 디자인에서도 신중을 기해야 한다.

(2) 직접 용착과 전달(간접) 용착

- ① 직접 용착 : 공구 혼 접촉부위에서 접합될 (조인트)부위까지의 거리가 6 mm 이내일 때
- ② 전달 용착 : 공구 혼 접촉부위에서 조인트부위까지의 거리가 6 mm 이상일 때
- ③ 전달거리가 멀어질수록 초음파진동에너지 전달은 어려워진다.

(3) 초음파 용착 특성에 관계된 기타 인자

- ① 수분 함유량 : 수분이 함유된 제품을 용착하면 수분이 증발하게 되는데 이것은 용착 후 고화된 수지에 기포가 생기거나 갈라지게 되는 원인이다.
- ② 이형제 : 아연스테아린산염, 알루미늄스테아린산염, 불화카본, 실리콘, TF프레온은 초음파 용착에 불리하다.
- ③ 윤활제, 왁스나 스테아린산염, 지방에스트르 등은 분자의 내부마찰을 감소시켜 초음파 용착에 방해되나, 일반적으로 이들의 영향은 미미하다.

- ④ 가소제 : 가소제는 수지를 부드럽고 굴곡성 있게 해주는 역할을 하지만 이러한 특성은 수지의 초음파에너지 전달능력을 저해할 수 있다. FDA공인 가소제는 금속성 가소제 만큼의 문제는 없어 추천할만하다
- ⑤ 충전제 : glass나 talc. 와 같은 충전제는 열가소성수지의 초음파 용착력을 어느 정도 향상시킬 수 있지만 이들의 사용은 신중을 기해야 한다.
 - 첨가물의 함유량이 10 %이상 될 때는 공구 혼의 마모율이 높기 때문에 특수강이나 탄소강으로 표면 처리된 티타늄 혼을 사용해야 하며, short glass-fiber 보다는 long glass-fiber가 항상 더 많은 문제점을 수반한다.
- ⑥ 색소 : 대체로 색소는 초음파 용착에 영향을 미치지 않는으나 일부 오일이 첨가된 색소는 불리한 영향을 미치기도 한다.

6. 메인 혼(main horn)

진동자에서 발생하는 진동진폭과 플라스틱을 용착할 수 있는 실용진폭과는 차이가 있으며, 그러한 필요한 진폭으로 증가, 감소시키는 역할을 하는 것이 메인 혼이다.

(1) 저진폭 메인 혼을 사용해야 할 경우

- ① 공구 혼이 크거나, 공구 혼의 진폭이 크거나, 가압력이 커야 할 때, 즉, 과부하 조건이 필요할 때
- ② 초음파 발진이 스타트가 안되거나 어려울 때
- ③ 낮은 압력에서 발진이 멈출 때
- ④ 제품에 손상이 생길 때
- ⑤ 인서트 시 플라스틱이나 금구가 파손될 때
- ⑥ 혼의 절 부근에 열이 발생할 때

(2) 고진폭 메인 혼을 사용해야 하는 경우

- ① 용착하기 위해 진동에너지가 작을 때 : 용착 불량 혹은 용착시간이 길어진다.
- ② 진동에너지가 용착 부위를 통과할 때 : 진동이 지그에 전달되거나 지그에 의해 제품에 손상이 발생한다.
- ③ 적당한 발진기에서의 출력(70~100%)을 얻기 위할 때
- ④ 스테킹 시 보스의 끝부분부터 녹지 않고 밑부분이 녹을 때
- ⑤ 오랜 용착시간 때문에 제품에 손상이 생길 때

7. 공구 혼

진동자도 그 물성의 제한 때문에 진폭의 한도가 있으며, 플라스틱 용착에 필요한 초음파의 진동진폭을 얻기 위해 중간에 메인 혼을 설치하여 진동자의 진폭을 일차로 증가시킨 후 공구 혼의 진폭을 실용진폭으로 상승시킨다.

(1) 혼의 형상

a. 지수형(exponential)

복리계산과 같이 단면적의 증가율이 축상의 전면에서 같다.

b. 원추형(conical)

가공이 용이하며, 직경 비 10 이상으로 선단을 좁혀도 진폭확대율은 거의 증대하지 않는다. 주로 진폭이 낮고 부하가 많은 인서트용 혼으로 주로 사용된다.

c. 스텝형(step)

가공이 용이하며, 모든 공구 혼 중에서 진폭확대율이 최대이다.

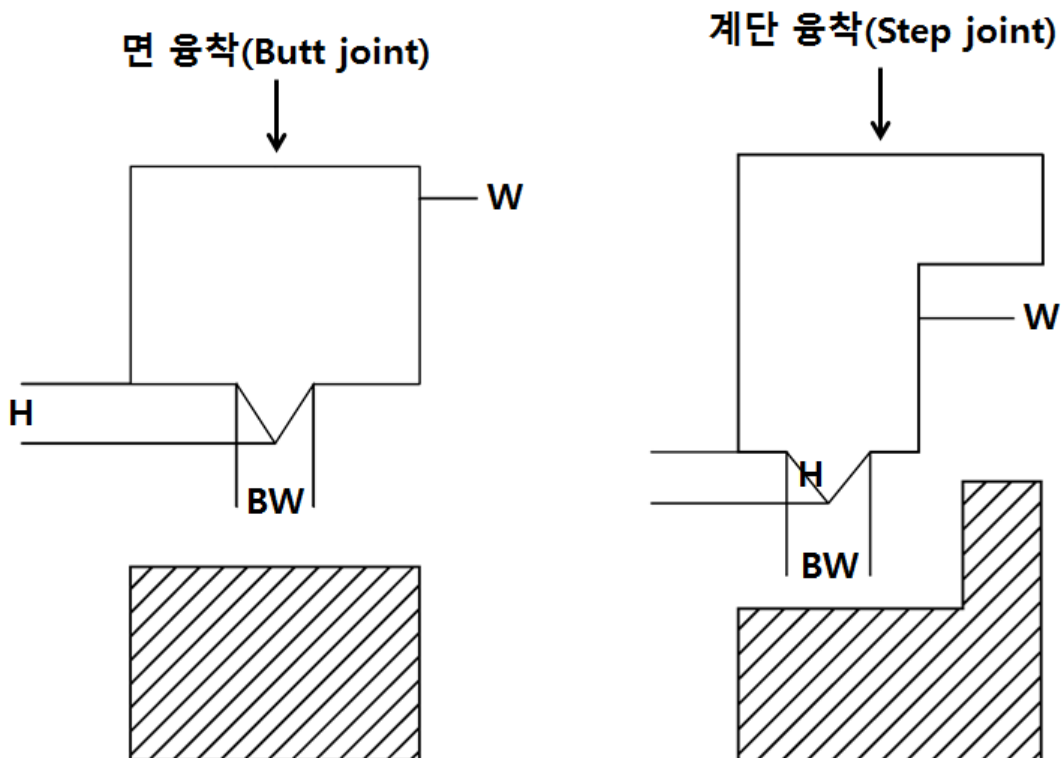
8. 용착 부위 설계

(1) 용착산 설계

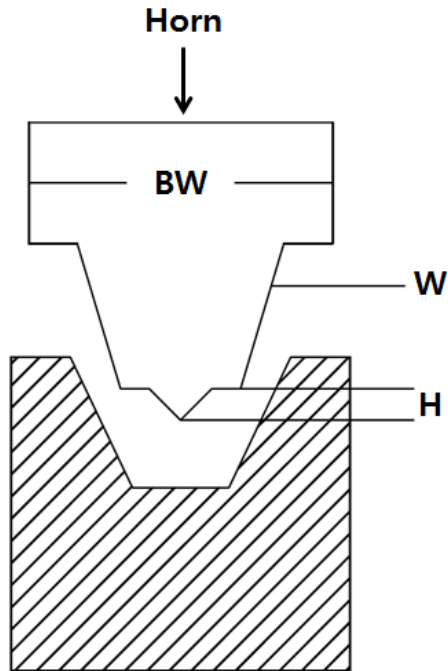
재질, 용착강도, 외관, 제품의 형상, 기밀성 등에 따라 다양한 용착부위 설계를 해야 한다.

초음파 용착부위 설계로는 크게 용착산 설계법과 전단 용착법으로 나눌 수 있다.

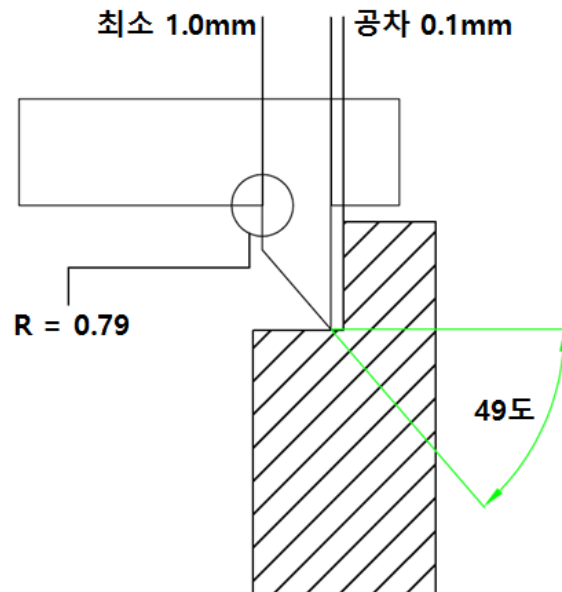
초음파 진동에너지를 집중시켜 초기에 빠르게 용융되도록 산 모양의 돌기를 용착부위에 설치한다.



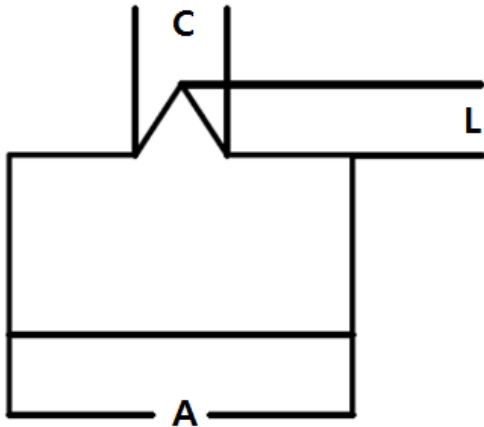
홈 용착(Groove and Tongue)



용착산 / 전단용착



- 용착산 크기 결정 : 용착산은 설계할 부분의 제품 폭의 1/10로 한다.

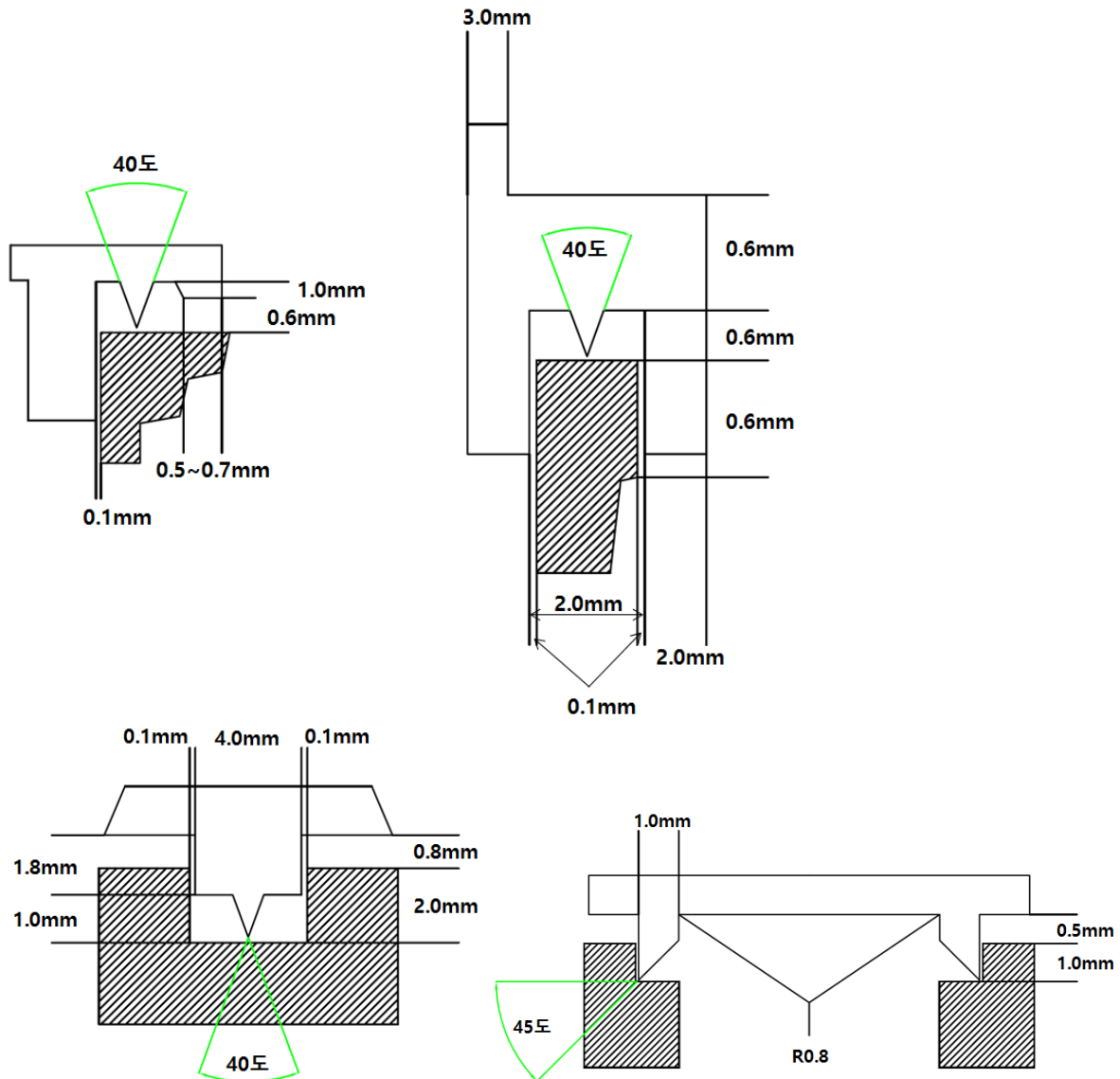


L 은 A의 1/10

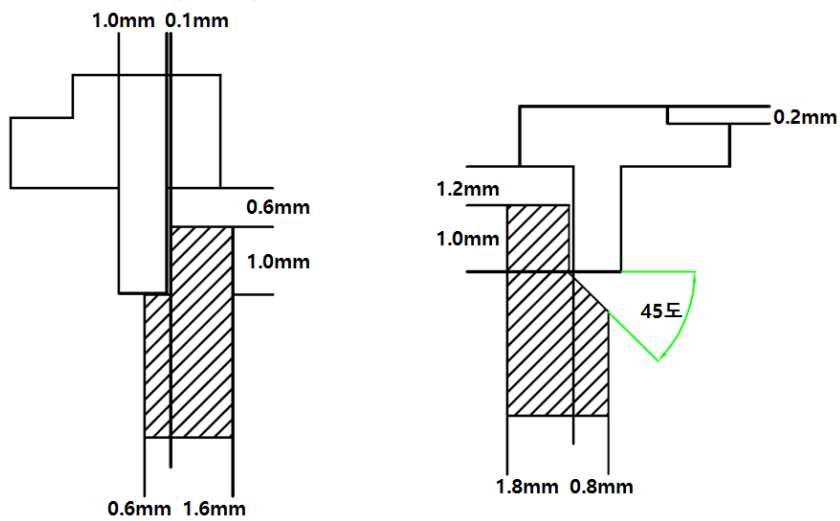
C는 L의 2배

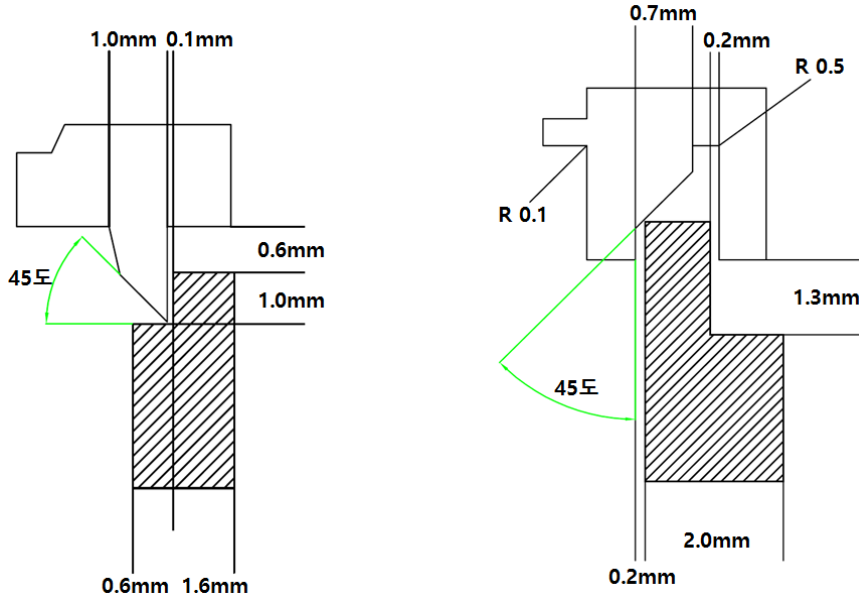
(2) 용착산 크기의 영향

- 용착산 크기가 너무 작을 때 : 사출성형 시 용착산의 형성이 잘 안될 것이고 강한 용착강도를 얻기 위한 필요한 용융량을 얻지 못한다.
- 용착산의 크기가 너무 클 때 : 빠른 용착을 얻어내지 못한다. 그래서 만약 높이 0.4 mm, 폭 0.8 mm 이상의 용착산 설계 시에는 2개의 용착산을 만드는 것이 좋다.



(3) 전단용착 설계법





융착산의 변형된 형태를 전단융착이라고 한다.

용융수지는 수지의 온도범위에서 용융이 되고 용융 온도에서 약간만 낮아도 금방 굳어지므로 융착산 설계법은 불합리하다. 왜냐하면 다른 쪽의 부분이 용융되기 전에 고화되기 때문이다.

전단설계를 하면 강한 기밀융착이 초기의 작은 용융으로 이루어진다. 또한 수직 벽을 따라 계속적인 용융이 이루어지며 굳어지는 상태로 융착이 이루어진다.

또한 융착부위가 공기와 접촉되지 않기 때문에 빨리 굳어지지 않는다.

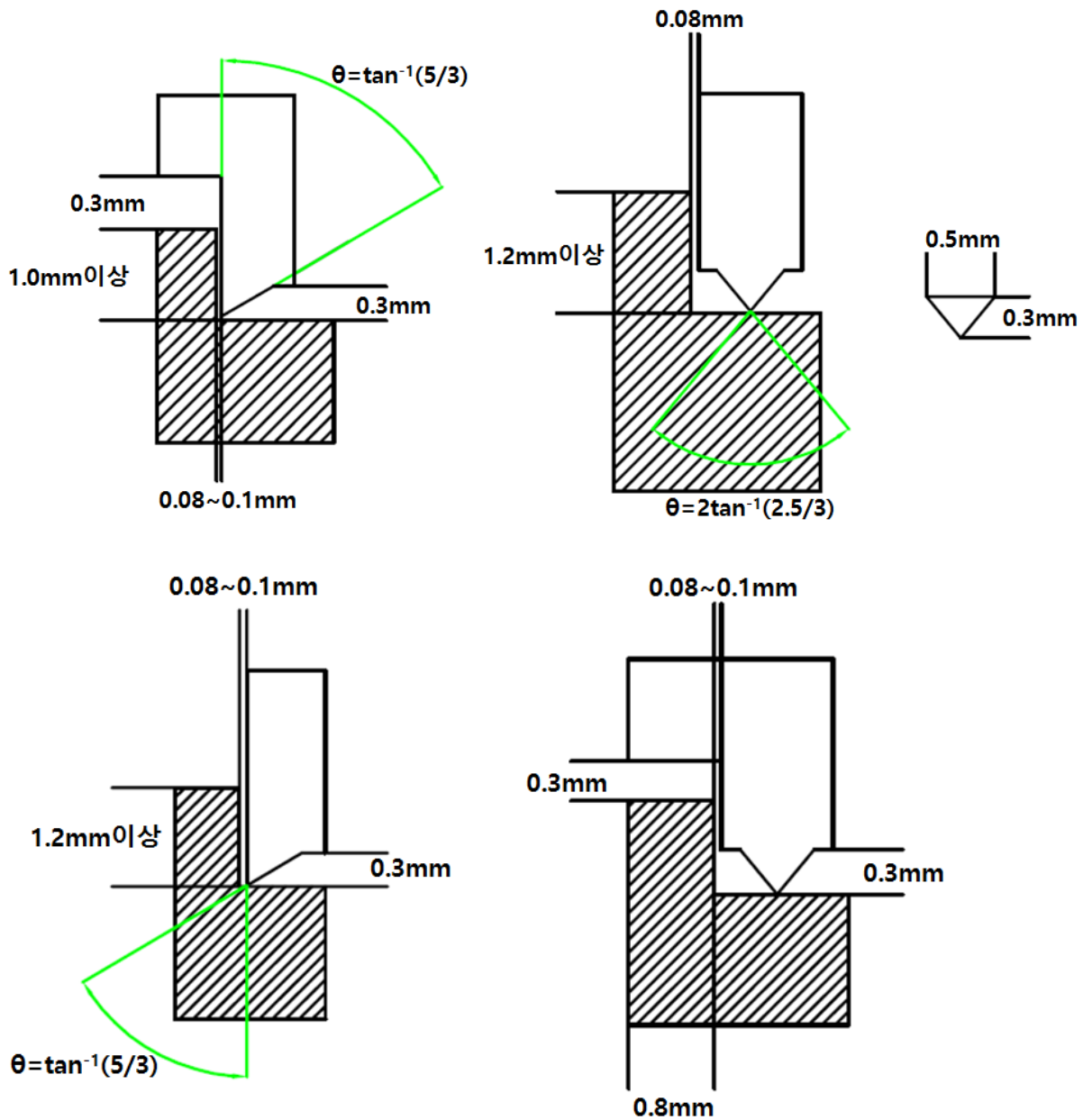
융착길이는 융착강도를 결정하고 적용 제품에 따라 조정할 수 있다. 강도를 높이려면 벽 두께의 1.25에서 1.5배이어야 한다.

(4) 일반적인 주의 사항

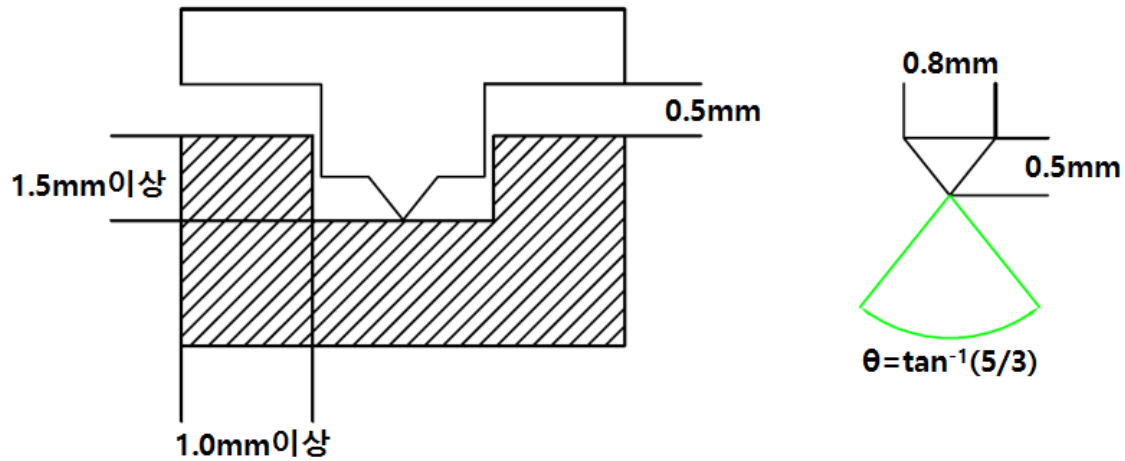
- 재생재는 사출 성형 시 사용하지 않는다.
- Gate는 되도록 융착산 부위에 위치하지 않도록 한다.
- UV coating 시 융착산 접합부위는 coating을 피한다.
- Coating 후 건조 시 고온에 사출물을 너무 오래 두지 말아야 한다. (사출물이 경화)
- Lower case는 전 둘레 융착산을 피하고 모서리 부위도 피한다.

(5) 일반적인 용착산 설계

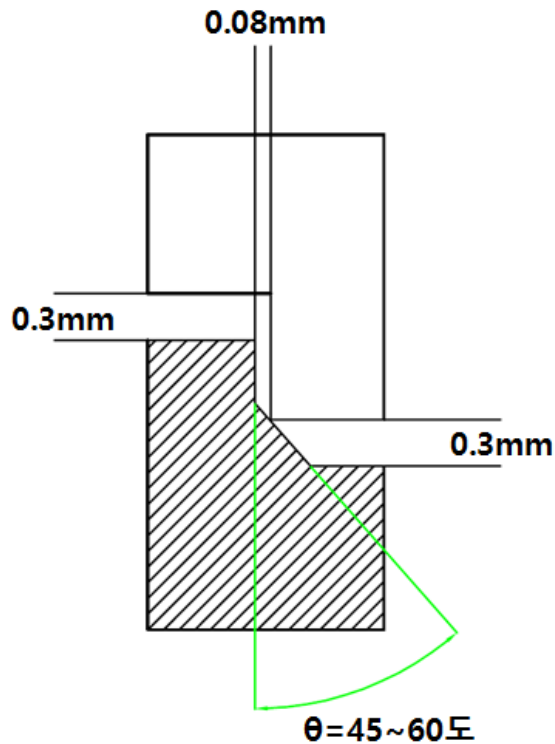
- Battery pack, adaptor 용착산



- note book 용착산

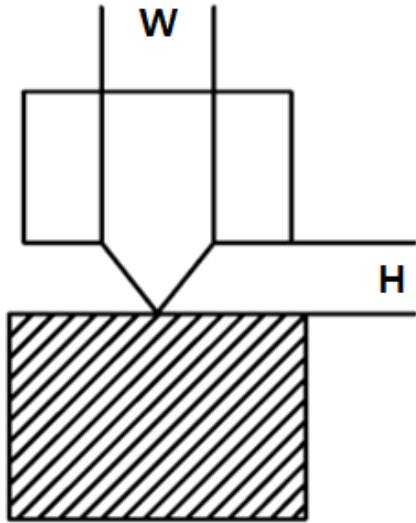


- 기밀용착(재질에 따라 다름)

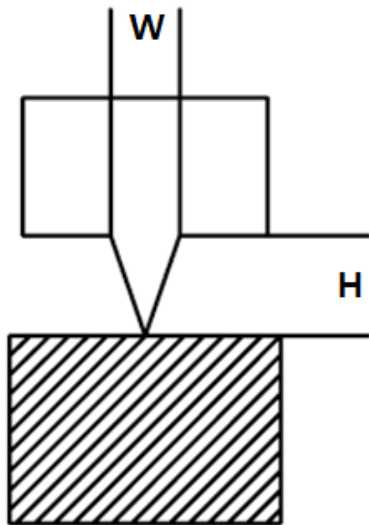


- 모서리 부위는 용착산 설계를 피한다.

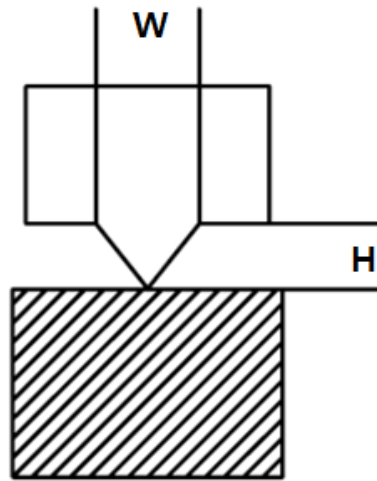
- 일반적으로 아래 그림의 W가 H보다 2배 정도 커야 하지만 사출물 크기가 한정되어 있으므로 2배가 힘들지만 최소한 $W \geq H$ 이어야 한다.



- 아래 그림의 A와 B를 동일 조건으로 용착 했을 시 B가 A보다 용착성 및 인장강도가 훨씬 좋다.



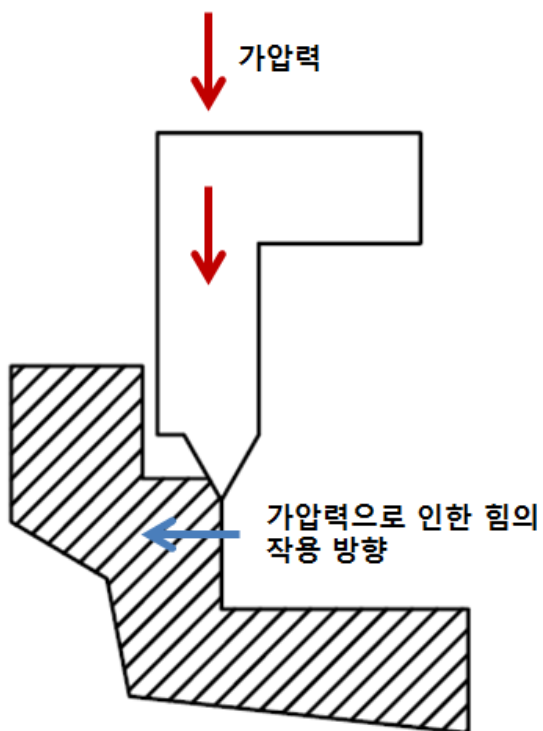
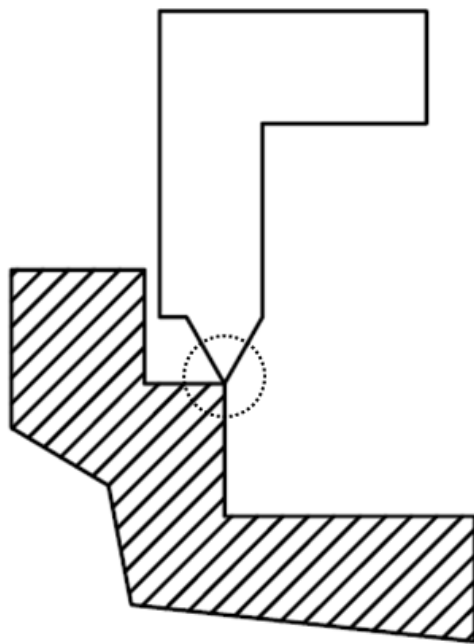
A

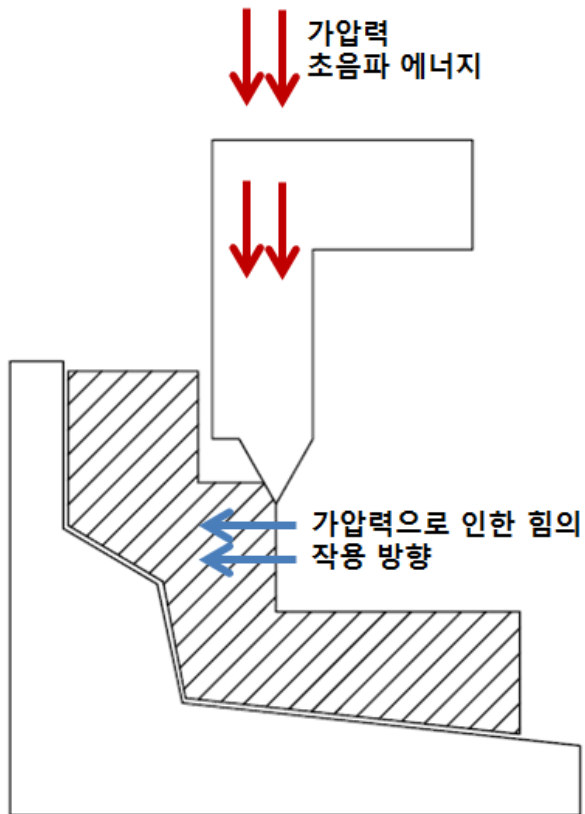


B

(6) 모서리에 용착산이 걸리는 경우의 문제점

- 초음파 장비의 가압력이 인가 되었을 경우 모서리 부위나 용착산이 휘어져 upper & lower case 간의 gap이 발생, 또는 가압력을 약하게 하여 용접하였다 하더라도 용접 온도에 의해 똑같은 문제가 발생한다.
- 초음파 용접 시 가압력으로 힘이 집중된 곳은 초음파 에너지가 전달되므로 jig와 마찰이 발생하므로 코팅이 울거나 깨지는 문제가 발생한다.





본사

04532, 서울특별시 중구 소공로 94 (OCI빌딩, 14층)
Tel. 02-728-7481 Fax. 02-714-9235

연구소

15850, 경기도 군포시 고산로 166, 104동 201호 (당정동, SK벤티움)
Te Tel. 031-436-1300 Fax. 031-436-1301

Headquarters

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel. +82-2-728-7481 Fax. +82-2-714-9235

EU & America Sales

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel. +82-2-728-7467 Fax. +82-2-714-9235

Asia Sales

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel. +82-2-728-7491 Fax. +82-2-714-9235

China Sales

上海聚醚醚化工贸易有限公司
上海市长宁区天山路1717号SOHO天山广场2幢T2-903C室(200051)
Tel. +86-21-6237-1977 ; E-mail: cpac.sales@gpac-kpac.com

Disclaimer: 1. 상기 자료는 본 제품에 대해 당사의 현재 기술 수준에서 측정된 것이며, 측정 방법 및 조건에 따라 변경될 수 있습니다. 본 제품에 고객에 의해 안료 및 기타 첨가제가 사용된 경우 상기 자료는 적용되지 않습니다. 본 제품은 (치)의학 Implants 용으로는 적합하지 않으며, 고객은 안전 및 보건 기준에 따라 본 제품을 사용해야 합니다. 제품 사용의 결정 및 책임은 고객에게 있으며, 상기 자료는 법적 소송 및 근거자료로 활용될 수 없습니다.

2. 상기 성형수축률은 당사 시험편 금형을 이용하여 특정 사출조건에 한하여 측정된 수치이므로, 측정조건에 따라 다소 변동될 수 있습니다. 귀사에서 제작하고자 하는 금형의 경우 두께, 디자인, 사출기, 사출조건 등이 당사 시험편 금형과 상이하여 상기 수축률과 차이가 있을 수 있으므로, 귀사의 설계조건, 사출성형조건 등을 충분히 검토하신 후 필요 시 보정하여 적용하시기 바랍니다. 제작하고자 하는 금형과의 수축률 차이가 발생할 경우 당사에서는 어떠한 법적 책임도 질 수 없으며, 모든 책임은 귀사에 있음을 분명히 밝혀 드립니다.