

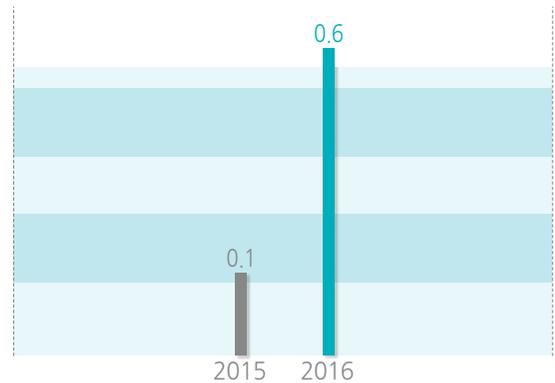
합성다이아몬드의 최신동향

최근 보석용 합성 다이아몬드의 기술이 빠르게 발전하면서 다이아몬드 유통 시장 내 우려의 목소리가 나오고 있다. 이에 합성 다이아몬드의 기초와 동향을 이해하기 위해 합성 다이아몬드는 무엇이고 합성 다이아몬드는 어떻게 제조되는지, 최근 세계 합성 다이아몬드 시장의 제조 및 유통현황의 시사점을 검토하고자 한다.

1. 세계 합성 다이아몬드 시장규모

▶ 합성 다이아몬드 매출 점유율

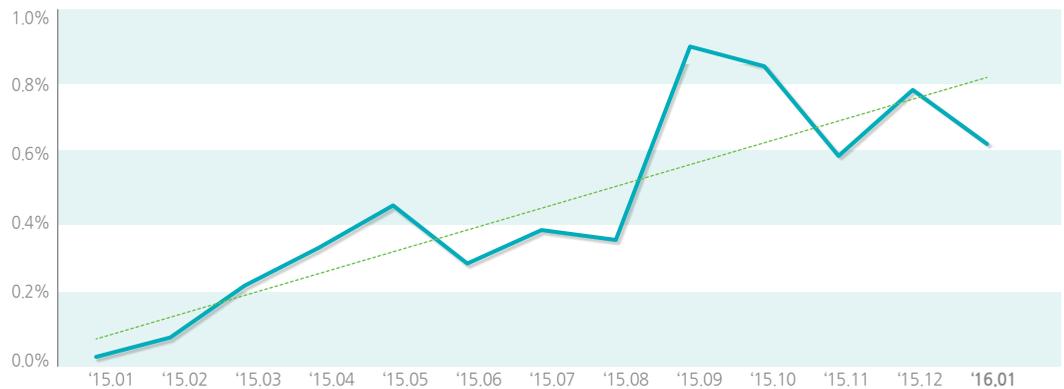
단위 : %



Source : NPD Diamond Tracker, Analysis: Edahn Golan

▶ 2015년부터 2016년까지 합성다이아몬드의 판매량

단위 : %



Source : NPD Diamond Tracker, Analysis: Edahn Golan

아직 합성 다이아몬드에 대한 정확한 통계자료가 부족한 상황이므로 수치상의 차이는 있을 수 있으나 시장 조사업체인 NPD 그룹의 통계자료에 의하면 합성 다이아몬드는 전체 다이아몬드 나석시장의 0.6% 정도를 차지한다고 보고했다. 시즌별 변동은 있으나 꾸준히 증가함을 알 수 있다. 합성 다이아몬드가 소비시장에 미치는 영향은 아직 미미한 수준이나 이러한 추이를 간과해서는 안 된다.

2. 합성 다이아몬드란?

① 합성 다이아몬드의 개념

합성 다이아몬드는 사람이 연구실에서 성장시킨 다이아몬드로서 다이아몬드를 이루는 구성 성분(탄소), 굴절률, 분산도, 경도(굽힘에 대한 상대적인 비교) 등 물리적·화학적 특성이 천연 다이아몬드와 모두 동일하다.



합성 다이아몬드 VS 천연 다이아몬드 구분

	합성	천연
화학조성	C	C
결정구조	Cubic	Cubic
굴절률	2.42	2.42
분산	0.044	0.044
경도	10	10
비중	3.52	3.52

Source : Pure Grown Diamonds

② 다이아몬드 유사석(모조석)

다이아몬드 외관이 유사하여 다이아몬드 대용으로 사용되는 재료들은 매우 다양하다.

유사석(모조석)의 대부분은 다이아몬드와는 전혀 다른 성분과 특징을 가지고 있다.

가장 대표적인 합성 큐빅 지르코니아(일명 큐빅)를 비롯하여 합성 루틸, 스트론튬 티타네이트, YAG, GGG 등 다양한 유사석들이 있다. 특히, 1990년대 후반부터 높은 경도 때문에 마모제로 사용되었던 합성 모이싸나이트(Moissanite)는 높은 열전도율을 지닌 탓에 일부 다이아몬드 테스터에서 구별이 안 되어 이슈가 되기도 하였다.



	스트론튬 티타네이트	지르콘	큐빅 지르코니아	YAG	GGG	합성 루틸	모이싸 나이트
성분	SrTiO ₃	ZrSiO ₄	ZrO ₂	Y ₃ Al ₅ O ₁₂	Gd ₃ Ga ₅ O ₁₂	TiO ₂	SiC
굴절률	2.41	1.78-1.99	~2.2	1.83	1.897	2.62-2.90	2.648-2.691
분산	0.19	0.039	~0.06	0.028	0.045	0.33	0.104
비중	5.13	4.6-4.7	~5.7	4.55-4.65	7.02	4.25	3.2
경도	5.5	6.5-7.5	8.3	8.25	7	~6	8.5-9.25

Source : Wikipedia

3. 다이아몬드 합성방법

현재 보석용 다이아몬드를 합성하는 방법으로 크게 두 종류로 분류하고 있다.

천연에서 다이아몬드가 형성되는 환경인 고온고압(높은 온도와 높은 압력) 상태를 인위적으로 만들어 다이아몬드를 합성하는 고온고압법(High Pressure High Temperature)과 다이아몬드의 주성분인 탄소를 가스로부터 추출하여 합성하는 화학기상증착법(Chemical Vapor Deposition)이 있다.

① 고온고압법(HPHT : High Pressure High Temperature)

장비 내에 장착되는 캡슐 안에 다이아몬드의 원료인 흑연(탄소) 파우더와 금속용매를 투입한 후, 고온고압(5~6GPa, 1,300~1,600℃) 환경을 형성하여 용융된 흑연파우더가 캡슐 안에 세팅한 다이아몬드 종자결정(seed, 출발물질)에 조금씩 흡착되며 성장시키는 방식이다.

New Diamond Technology사에서는 최근 10캐럿이 넘는 고품질의 합성 다이아몬드의 기록을 세웠으며 핑크, 레드, 블루 등 다양한 팬시 컬러의 합성 다이아몬드 또한 제조하고 있다.

▶ 고온고압법(HPHT)



Source : Peter Johnston / GIA

▶ 고온고압법(HPHT)으로 성장된 합성 다이아몬드 원석

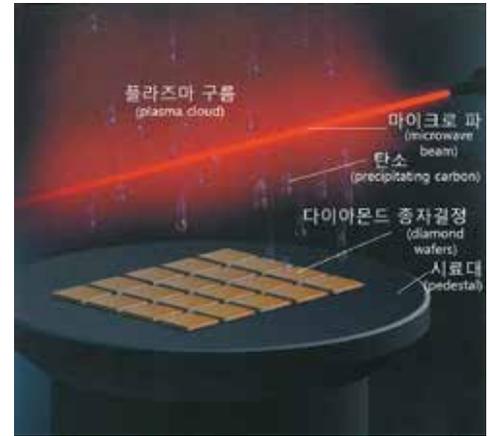


Source : New Diamond Technology

② 화학기상증착법(CVD: Chemical Vapor Deposition)

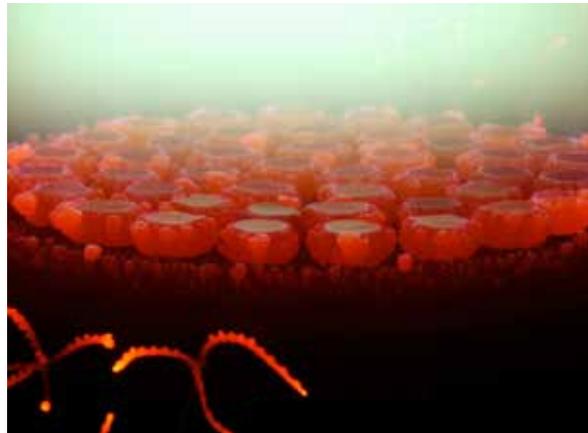
장비의 챔버 안에 메탄 가스, 수소 가스 등을 주입하고 마이크로파를 형성하여 플라즈마 상태를 만들어 탄소원자를 증착하여 다이아몬드를 성장시키는 방식이다.
 슬라이드 형태의 다이아몬드 종자결정(seed, 출발물질) 위에 탄소원자가 쌓이면서 얇은 필름 형태로 적층(積層)되는 성장 방식으로 한번에 50~60개의 다이아몬드 합성이 가능하다.
 SCIO Diamond사(구 Apollo diamond)에서는 수 십대의 합성장비를 사용하여 보석용 CVD 합성 다이아몬드를 제조하고 있다.

▶ 화학기상증착법(CVD)



Source : SCIO diamonds, Peter Johnston/GIA

▶ 화학기상증착법(CVD)으로 성장된 합성 다이아몬드 원석



Source : SCIO diamonds

4. 합성 다이아몬드의 제조현황

① 합성 다이아몬드 주요 제조사

합성 다이아몬드는 세계 각지에서 제조되어 온라인 및 오프라인을 통해 전 세계로 공급되고 있다. 특히 과거에 공업용 다이아몬드를 생산했던 곳들이 보석용 다이아몬드까지 제조하기 시작했다. 최근에는 중국에서 대량으로 생산이 가속화되면서 세계 많은 감정기관 및 연구소에서 관심을 가지고 그 추이를 지켜보고 있다.

▶ 세계 각지의 합성다이아몬드 주요 제조사



* 고온고압법(HPHT) 합성 다이아몬드 제조사 : Chatam, Morison, Gemesis, AOTC, NDT, China

* 화학기상증착법(CVD) 합성 다이아몬드 제조사 : Gemesis, SCIO, Washington diamond, Ila technologies

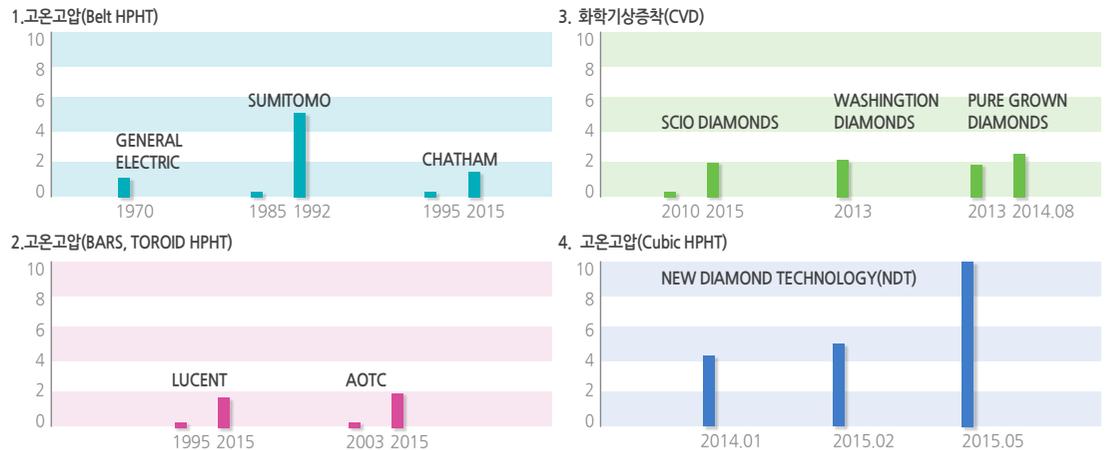
Source : 서울주얼리지원센터(SJC) 감정연구소

② 다이아몬드 합성 기술의 발전

합성 다이아몬드의 기술은 지속해서 발전되고 있으며, 제조방식과 다이아몬드의 크기가 과거에는 상상할 수 없을 만큼 변화하고 있다. 과거에는 고온고압법(HPHT) 중 Belt 방식과 BARS, Toroid 방식으로 다이아몬드가 제조되었으나 2000년도 후반부터는 화학기상증착법(CVD)의 합성다이아몬드와 중국에서 대량으로 제조하고 있는 cubic 방식의 고온고압법(HPHT)이 두각을 나타내고 있다.

▶ 합성 다이아몬드 제조방법에 따른 제조사별 다이아몬드 크기 흐름

단위 : carat(연마된 합성다이아몬드 크기)



Source : GRS

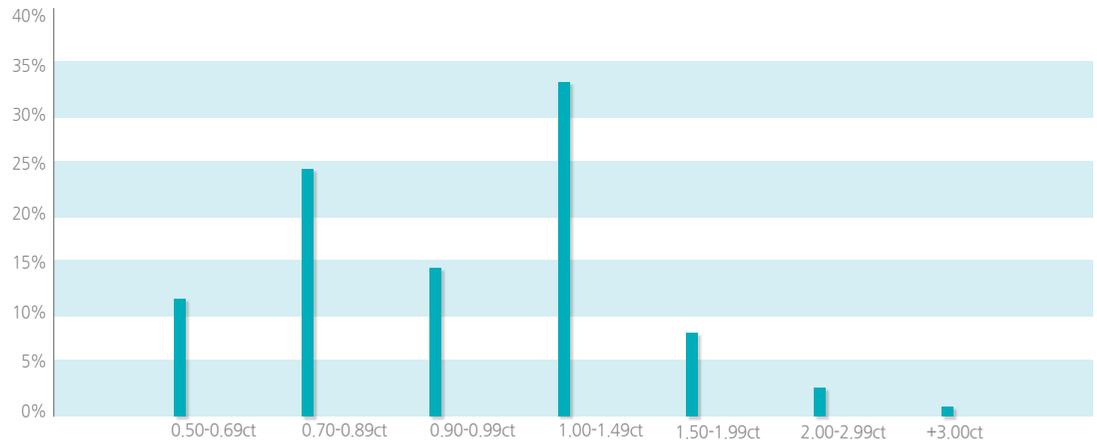
5. 합성 다이아몬드의 유통현황

① 합성 다이아몬드의 크기 별 판매 비율

미국 시장조사 전문업체 엔피디 그룹(NPD Group)조사 결과에 따르면, 예물로 주로 사용되는 범위는 1~1.5캐럿대를 포함한 1캐럿 이하 크기의 합성 다이아몬드가 많이 판매되고 있는 것으로 조사되었다.

▶ 합성 다이아몬드의 크기 별 판매 비율

단위 : %



Source : NPD Diamond Tracker, Analysis: Edahn Golan



② 합성 다이아몬드 판매가격

보석용 합성다이아몬드는 천연 다이아몬드보다 더 저렴한 가격에 거래가 되고 있다.

적게는 1~2%, 많게는 20% 이상의 가격 차이가 난다. 다이아몬드의 크기나 제조방법 및 제조사에 따라 그 가격 차이는 더 발생할 수도 있다. 그러나 아직은 다른 유색보석의 천연석과 합성석의 가격 차이를 고려해본다면 그 가격 차이가 크지 않다는 점을 알 수 있다.

▶ 합성 다이아몬드와 천연 다이아몬드의 가격비교

(가격조사 기준일: 2015.04.22)

	비교1		비교2		비교3	
	합성	천연	합성	천연	합성	천연
중량(ct)	1.77	1.77	1.27	1.27	1.05	1.05
형 태	Round	Round	Round	Round	Round	Round
투명도	VVS2	VVS2	VS2	VS2	VVS2	VVS2
색 상	H	H	J	J	J	J
커 트	Ideal	Ex	Ideal	Ideal	VG	VG
판매가(\$)	16,873	19,800	5,070	5,157	4,963	5,333
캐럿당 가격(\$)	9,533	11,186	3,992	4,061	4,727	6,783
감정서	IGI	GIA	IGI	GIA	IGI	GIA
판매처	PGD*	James Allen	Brill. Earth*	Blue Nile	PGD	Blue Nile
가격차액(%)*	-14.78	17.35	-1.69	1.72	-6.94	7.46

	비교4		비교5		비교6	
	합성	천연	합성	천연	합성	천연
중량(ct)	0.91	0.91	0.72	0.72	0.51	0.51
형 태	Round	Round	Round	Round	Round	Round
투명도	VS2	VS2	VVS2	VVS2	VS1	VS1
색 상	I	I	H	H	J	J
커 트	VG	VG	VG	Good	VG	VG
판매가(\$)	3,245	4,060	2,748	3,216	1,066	1,147
캐럿당 가격(\$)	3,566	6,783	3,817	4,564	2,090	6,783
감정서	IGI	GIA	IGI	GIA	IGI	GIA
판매처	Brill. Earth*	James Allen	PGD	Helzberg	PGD	Blue Nile
가격차액(%)*	-20.07	25.12	-14.55	17.03	-7.06	7.6

Source : Paul Zimnisky

* PGD : Pure Grown Diamonds

* Brill.Earth : Brilliant Earth

* 각 비교 가격차액(%)

- 합성가격차액=(합성 판매가-천연 판매가)/천연판매가*100

- 천연가격차액=(천연 판매가-합성 판매가)/합성판매가*100

6. 합성 다이아몬드의 감별을 위한 노력

① 합성 다이아몬드의 분류 및 감별

무색의 천연 다이아몬드는 대부분 질소성분을 함유하고 있다. 질소성분의 유무에 따라 크게 두 부류로 나누게 되는데 질소를 함유한 I 타입, 질소를 함유하고 있지 않은 II 타입으로 분류한다. 대부분의 천연 다이아몬드는 I 타입에 해당하지만, 드물게 질소가 없는 II 타입이 발견되기도 한다.

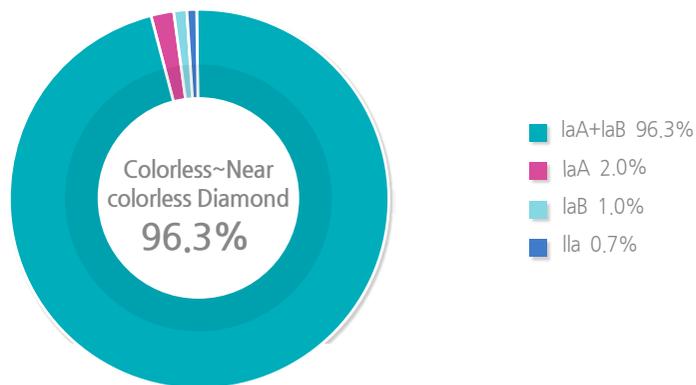
▶ 다이아몬드 타입에 따른 분류 및 색상

타입	질소 함유량	색상
I	la	수백ppm~수천ppm정도 함유 무색~담황색~담갈색, 핑크, 녹색, 갈색
	lb	수ppm에서 수십ppm정도 함유 황색 (대부분의 고온고압법 합성 다이아몬드)
II	IIa	거의 또는 전혀 함유하지 않음 무색, 핑크, 갈색, 무색의 합성 다이아몬드
	IIb	거의 또는 전혀 함유하지 않음. 붕소(B)를 함유 청색, 회청색, 청색의 합성다이아몬드

Source : Kitawaki/CGL

▶ 천연 다이아몬드의 타입별 비율

단위 : %



Source : Kitawaki/CGL

② 합성 다이아몬드의 감별을 위한 장비

합성 다이아몬드의 기술이 발전함에 따라 천연과 합성다이아몬드를 구별하기 위한 많은 노력을 기울이고 있다. 육안이나 간단한 감별기구를 통해서도 구별이 어려워졌고 합성 다이아몬드의 생산과 유통량이 증가함에 따라 천연과 합성 다이아몬드의 고유한 특성을 찾아내는 자동화 기계가 등장하기 시작했다.

다이아몬드의 타입만을 구별하여 천연 다이아몬드만을 걸러주는 Diamond spotter, D-Screen, Diamond Check를 비롯하여 최근 멜레 크기의 다이아몬드의 빠른 구별을 위해 M-screen, AMS와 같은 장비들이 앞다투어 감별시장에 출시되었다. 그러나 합성다이아몬드의 특징을 파악하고 구별해 내기 위해서는 Diamond View나 Raman / Photoluminescence system과 같은 추가적인 검사가 요구된다.



Diamond spotter(SSEF사)



D-Screen(HRD사)



Diamond Check(GIA사)



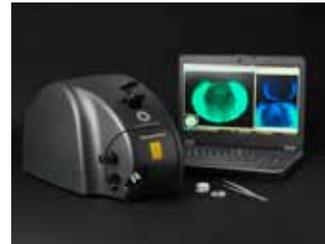
M-screen(HRD사)



AMS(De Beers사)



Micro FT-IR



DiamondView(DTC사)



Raman/Photoluminescence system

국내 다이아몬드 유통시장에서도 합성다이아몬드의 유입은 증가하고 있는 실정이다. 특히 중국과 같은 대량 생산업체의 증가로 인해 제조유통량이 증가하면서 주얼리 제품에 합성이라는 명시가 되지 않은 다이아몬드가 혼입되는 경우가 외국에서는 눈에 띄게 증가하고 있다. 국내에서도 유통 현황에 대한 파악과 이에 대한 자구책 및 시장보호를 위한 방안이 필요한 시점이라 할 수 있겠다.

[서울주얼리지원센터(SJC) 감정연구소 이보현 선임연구원]