

Synthetic Diamond Research Presentation in Seoul 합성 다이아몬드에 관한 연구

December 13, 2016



Dr. Katrien De Corte
HRD Antwerp, Belgium

발표자 : Katrien De Corte 박사
벨기에 앤트워프 HRD



Synthetic diamonds, what is in a name ?

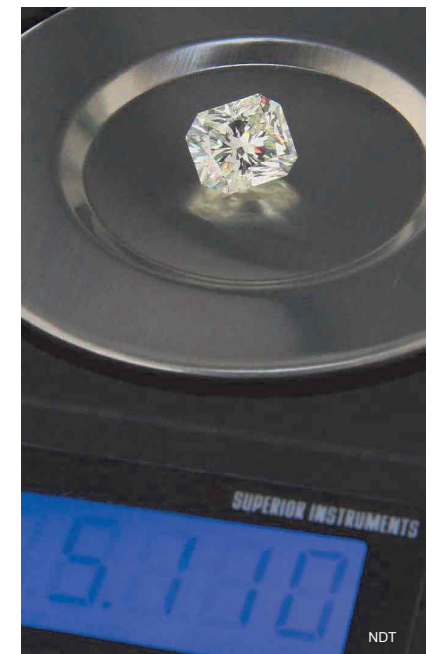
합성 다이아몬드의 의미는?

Dr. Katrien De Corte
HRD Antwerp, Belgium

발표자 : Katrien De Corte 박사
벨기에 앤트워프 HRD

Mrs. Katrien De Corte from Antwerp HRD has given
on synthetic diamonds and natural diamonds.

벨기에 앤트워프 HRD의 Katrien De Corte 박사가
합성과 천연 diamond 시물을 제공하였음



HRD Antwerp

Europe's
leading authority in
diamond certification

HRD Antwerp

Europe's
leading authority in
diamond certification

2

1. Hot topic 주요 화제

- What is a synthetic diamond ?
'합성 다이아몬드' 란?
- Synthesis process 합성 과정
 - Method 방법
 - Rough 원석
 - Polished 나석
- Treated synthetic diamonds 처리된 합성 다이아몬드
- Growth speed 성장 속도
- Production 생산
- HRD Antwerp Screening Instruments
앤트워프 HRD의 선별 장비
- Lab Screening/Detection Procedure
실험실(감정원) 선별/감별 절차
- Grading Report and Screening Documents
감정서와 선별결과 리포트
- Conclusions 결론

September 2003



3

WFDB CHARTER ON DISCLOSURE OF SYNTHETIC, TREATED NATURAL AND NATURAL DIAMONDS DATED 2nd May, 2014

WFDB의 합성다이아몬드, 처리된 천연다이아몬드 및 천연 다이아몬드 공개에 관한 규정, 2014년 5월 2일

"rough natural diamonds", or
"천연 다이아몬드 원석" 또는

"rough treated natural diamonds"
"처리된 천연 다이아몬드 원석"

"polished natural diamonds", or
"천연 다이아몬드 나석" 또는

"polished treated natural diamonds", or
"처리된 천연 다이아몬드 나석" 또는

"rough synthetic diamonds" or
"합성 다이아몬드 원석" 또는

"polished synthetic diamonds"
"합성 다이아몬드 나석"



During this presentation focuss on (near-) colourless diamonds.

무색 계열 다이아몬드에 초점을 맞추어 발표 진행

HRD Antwerp

Europe's
leading authority in
diamond certification

HRD Antwerp

Europe's
leading authority in
diamond certification

4

2. What is a synthetic diamond ? 합성다이아몬드란?

For the purpose of this presentation the term "synthetic diamond" equals the terms "Laboratory-created" / "Laboratory-grown" / "Lab- grown".

이 프레젠테이션에서 언급되는 "합성 다이아몬드" 라 함은 "실험실에서 생성된" / "실험실에서 성장된" 과 같은 용어를 의미

- Man-made product that has the same chemical composition, crystal structure, optical and physical properties as a diamond. Or
다이아몬드와 동일한 화학적 조성, 결정 구조, 광학적, 물리적 특성을 지닌 인조 제품. 또는
- Man-made reproduction of diamond that has the same chemical composition, crystal structure and physical properties as its natural counterpart. Or
천연 다이아몬드와 동일한 화학 성분, 결정 구조 및 물리적 성질을 가진 다이아몬드의 인공 복제품. 또는
- Synthetic diamonds are man-made, artificially grown crystals. The structural, chemical and physical properties of artificially produced crystals are identical to those of diamonds.

합성 다이아몬드는 사람이 인위적으로 생산한 결정체이지만 결정 구조, 화학적 · 물리적 특성은 천연 다이아몬드와 동일



Synthetic diamonds ARE diamonds 합성 다이아몬드 또한 다이아몬드 이다

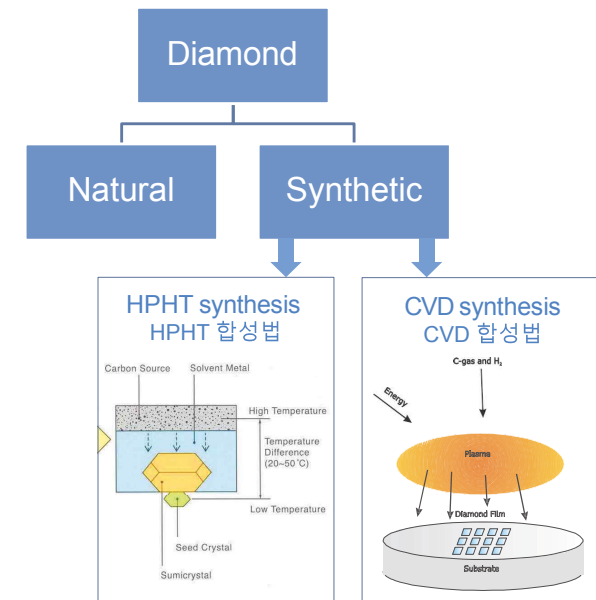
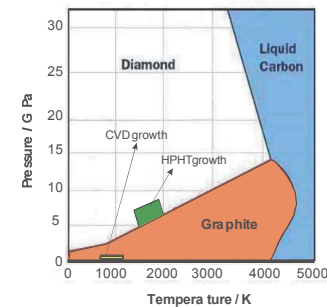
Natural 천연	Synthetic 합성
Made of Carbon 탄소가 주성분	Made of Carbon 탄소가 주성분
Cubic lattice 등방(입방)격자 구조	Cubic lattice 등방(입방)격자 구조
Hardness 10 경도 10	Hardness 10 경도 10
Density 3,51 g/cm ³ 밀도 3.51 g/cm ³	Density 3,51 g/cm ³ 밀도 3.51 g/cm ³
High thermal conductivity 높은 열전도율	High thermal conductivity 높은 열전도율

Synthetic diamonds DIFFER from Natural diamonds 합성 다이아몬드는 천연 다이아몬드와 다르다.

Natural 천연	Synthetic 합성
150 km below the surface 지구 표면 150km 아래에서	Lab 실험실에서
> 1 billion years > 10 억 년	< 50 years (days/weeks/months) < 50 년 (일 / 주 / 개월)
Long storage at high Pressure and high Temperature 오랜 기간 고온과 고압에 의해	"Extremely short" at high Pressure and high Temperature 단기간의 고온과 고압에 의해
Complex/unique growth 복합적 / 고유한 성장	Simple/repetitive growth 단순 / 반복적 성장
> Nitrogen-rich > 풍부한 질소 성분	"No" Nitrogen 질소 성분이 없음

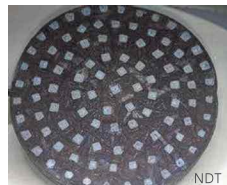
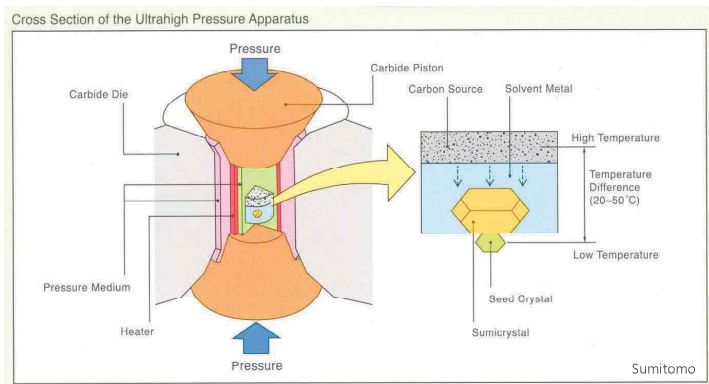


3. Synthesis 합성



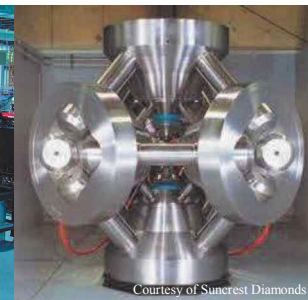
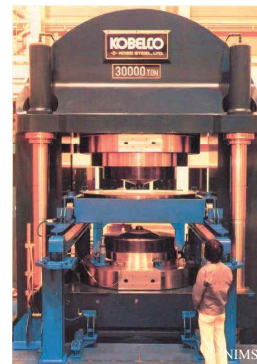
3.1 HPHT synthetic diamond 고온고압 합성다이아몬드

Pressure (압력) : 55,000 atm
 Temperature (온도) : 1,400 °C
 Starting material (출발물질) : graphite (흑연)
 Catalyst (촉매제) : **metal solvent (Fe, Ni, Co...)**
 금속용매제 (철, 니켈, 코발트...)



9

3.1 HPHT synthetic diamond 고온고압 합성다이아몬드



Belt press
NIMS, Tsukuba, Japan

Belt press 방식
NIMS, 일본, 쓰쿠바

BARS presses
Gemesis, Florida, USA

BARS press 방식
Gemesis, 미국, 플로리다

Cubic press
Suncrest, Provo, Utah, USA

Cubic press 방식
Suncrest, 미국, 유타(프로보)

HRD Antwerp

Europe's
leading authority in
diamond certification

HRD Antwerp

Europe's
leading authority in
diamond certification

10

3.1 HPHT synthetic diamond-rough 고온고압 합성다이아몬드-원석



11

3.1 HPHT synthetic diamond-rough 고온고압 합성다이아몬드-원석



HRD Antwerp

Europe's
leading authority in
diamond certification

HRD Antwerp

Europe's
leading authority in
diamond certification

12

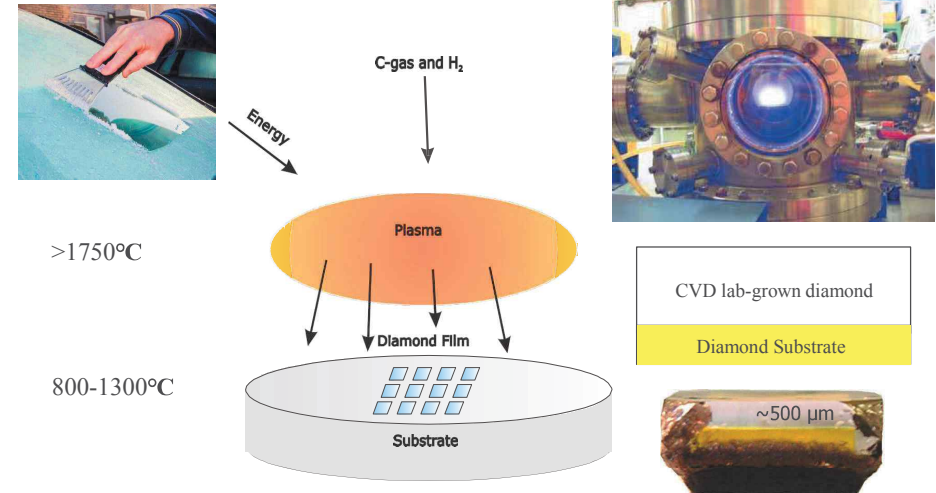
3.1 HPHT synthetic diamond-polished 고온고압 합성 다이아몬드-나석

- Largest HPHT synthetic polished diamond by NDT 10,02 ct emerald cut (32,26 ct rough) E, VS1
- NDT사에서 생산된 최대 크기의 고온고압 합성 다이아몬드 10,02 ct 에메랄드 컷 (원석크기 32,26 ct) E, VS1

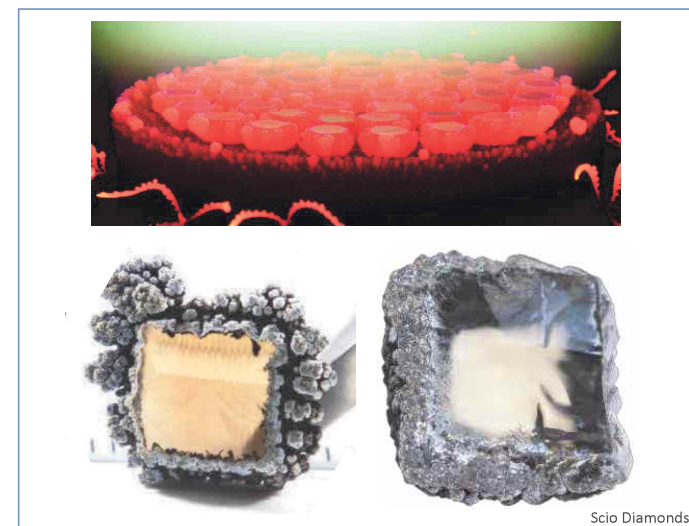


- Production from D to K and from LC to P
- Commercial production by Chatham, Lucent, AOTC, Gemesis/IIa Technologies, Taidiam, ...
- D컬러에서 K컬러까지, Loupe clean에서 Pique 등급까지 생산
- 상업용 제조처 : Chatham, Lucent, AOTC, Gemesis/IIa Technologies, Taidiam, ...

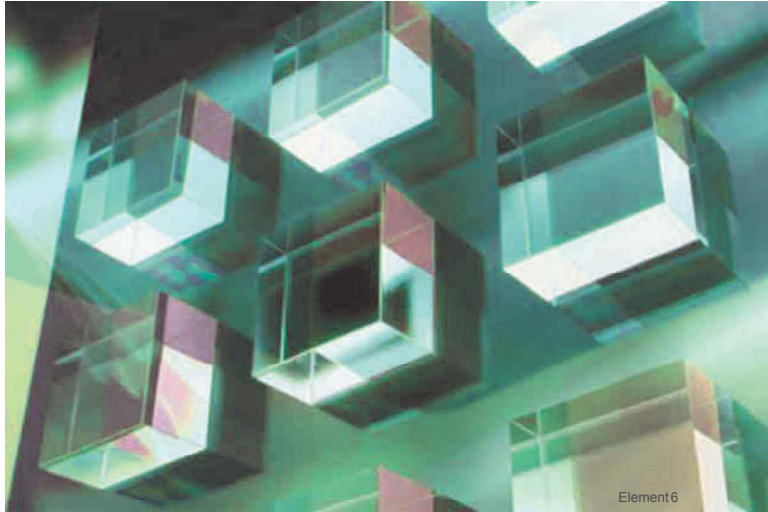
3.2 CVD synthetic diamond CVD 합성 다이아몬드



3.2 CVD synthetic diamond-rough CVD 합성 다이아몬드-원석



3.2 CVD synthetic diamond CVD 합성 다이아몬드



3.2 CVD synthetic diamond-polished CVD 합성 다이아몬드-나석

- Largest CVD synthetic diamond
3,23 ct round brilliant
I-VS2
- CVD 합성 다이아몬드 최대 크기
3,23 ct 라운드브릴리언트
I-VS2
- Production from D to K and from LC to P
- Commercial production by Scio Diamonds, Washington Diamonds, Orion PDC diamonds, Chatham, Pure Grown Diamonds, Diamond Foundry, ...
- D컬러에서 K컬러까지, Loupe clean에서 Pique 등급까지 생산
- 상업용 제조처 : Scio Diamonds, Washington Diamonds, Orion PDC diamonds, Chatham, Pure Grown Diamonds, Diamond Foundry, ...



4. Treated synthetic diamonds 처리된 합성 다이아몬드

- Methods to treat synthetic diamonds are similar to methods to treat natural diamonds
합성 다이아몬드를 처리하는 방법은 천연 다이아몬드를 처리하는 방법과 유사

- Treatments to improve clarity
투명도 개선을 위한 처리
- Treatment to improve colour
 - Treatments to increase/add colour
 - Treatments to decrease colour

색상 개선을 위한 처리

- 컬러를 더하거나 강조하기 위한 처리
- 무색에 가깝게 하는 처리



4. Treated synthetic diamonds 처리된 합성 다이아몬드

HRD Antwerp: Lab-grown diamonds are

"untreated" Lab-grown diamonds +

(HPHT-) treated Lab-grown diamonds

HRD 앤트워프: 실험실에서 성장시킨 다이아몬드는

"처리되지 않은" 합성 다이아몬드 +

(고온고압) 처리된 합성 다이아몬드

5. Growth speed

성장 속도

HPHT synthesis-NDT: 2 to 3 days for 10 ct (30-50 mg/hour)

NDT사의 고온고압 합성: 2~3일간 10ct (30-50mg/시간)

CVD synthesis-Scio Diamonds: 3 to 4 weeks for 5 ct

Scio Diamonds사의 CVD 합성 : 3~4주에 5ct



6. Production

생산

The total rough synthetic diamond production (gem quality) is estimated to be

합성 다이아몬드 원석 총 생산량(보석품질)은

1.3 - 3M cts HPHT + 1 - 1.2M cts CVD

1.3 - 3백만 캐럿(고온고압) + 1 - 1.2백만 캐럿(CVD)



Diamond Foundry

about 2 - 3% of natural rough production

천연 다이아몬드 원석 생산량의 약 2-3%

7. Screening versus Identification

선별 vs 감별

Screening = Separating stones that are 100% natural from stones that require further investigations

선별 = 의심이 되는 스톤으로부터 100% 천연만 분류



Based on a limited number of techniques/characteristics

고유 기술과 특성에 근거한 방식

Screening tool = Diamond types

선별장비 = 다이아몬드 타입



Type II diamonds are

타입 II 다이아몬드는

<2 % of natural diamonds
천연다이아몬드의 2% 미만

100% of (near-) colourless synthetic diamonds
무색계열 합성 다이아몬드의 100%

Diamond

Type I

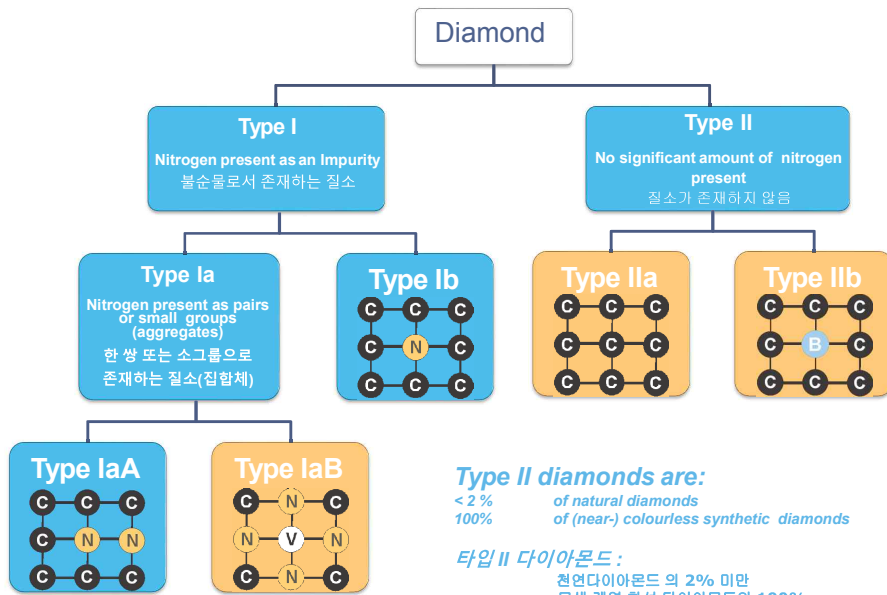
Nitrogen present as an impurity

불순물로서 질소 존재

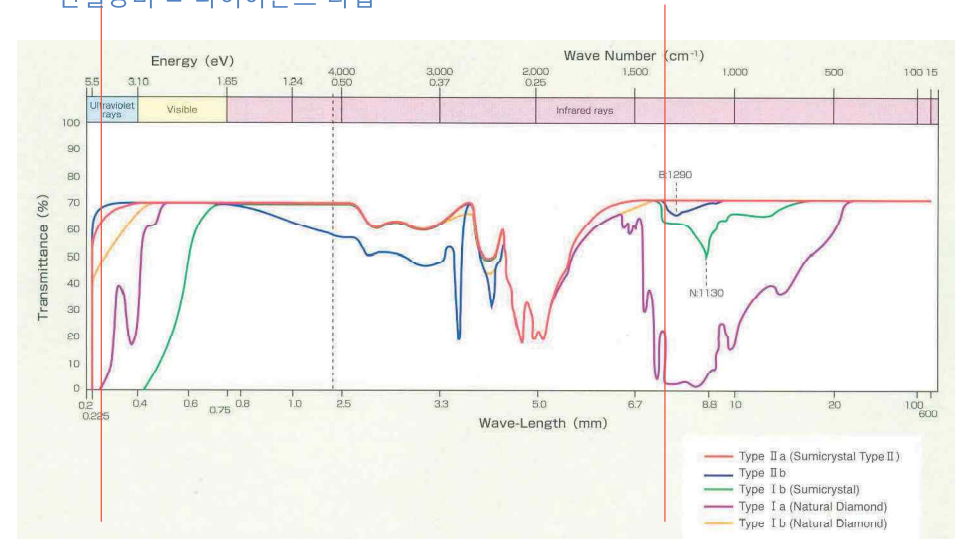
Type II

No significant amounts of nitrogen present

질소가 존재하지 않음



Screening tool = Diamond types
선별장비 = 다이아몬드 타입



2. HRD Antwerp Screening instruments HRD 앤트워프 선별 장비

2.1 D-Screen

- Based on UV transmission
자외선 투과 원리
- All diamond cuts
모든 형태의 다이아몬드 컷에 대응
- Size: 0.20 ct – 10 ct
사이즈 : 0.20 ct – 10 ct
- Colour range: D – J
색상 범위 : D – J
- Loose diamonds only
다이아몬드 나석만 가능
- ± 200 stones/hour
± 200 개/시간
- Price: 1,990 euro
가격 : 1,990 유로



2. HRD Antwerp Screening instruments HRD 앤트워프 선별 장비

2.1 D-Screen



Natural diamond, not HPHT colour-treated
고온고압 (컬러)처리되지 않은 천연 다이아몬드



Refer for further testing:

- Natural diamond, HPHT colour-treated
- Synthetic diamond

추가 검사 :

- 고온고압 (컬러)처리된 천연 다이아몬드
- 합성다이아몬드

2. HRD Antwerp Screening instruments HRD 앤트워프 선별 장비

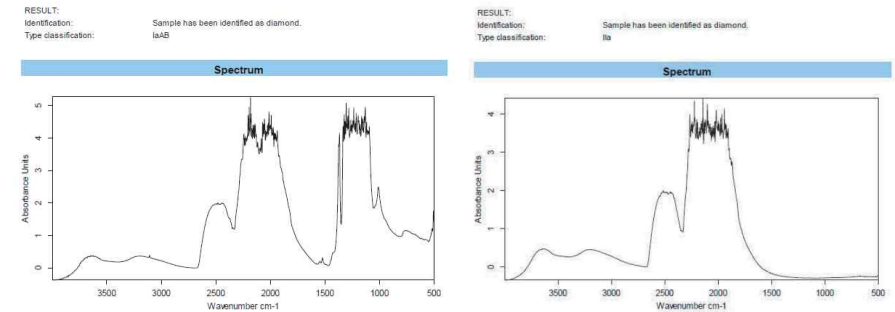
2.2 Alpha Diamond Analyzer

- Based on IR absorption
적외선 흡수 원리
- Wide range of shapes and sizes
넓은 범위의 연마형태와 크기에 대응
- Applicable to any colour
모든 색상에 적용 가능
- Detection of common diamond imitations
다이아몬드 유사석 감별
- Loose and mounted diamonds
다이아몬드 나석 및 세팅된 다이아몬드 제품 가능
- Reliable results within a minute
1 분 내 결과 도출
- Price: 21,700 euro
가격 : 21,700 유로



2. HRD Antwerp Screening instruments HRD 앤트워프 선별 장비

2.2 Alpha Diamond Analyzer



2. HRD Antwerp Screening instruments HRD 앤트워프 선별 장비

2.3 M-Screen

Melee size diamonds
멜레 사이즈 다이아몬드

- D-Screen: not suitable
D-Screen: 적합하지 않음
- Alpha Diamond Analyzer: screening of entire parcel is too time-consuming
Alpha Diamond Analyzer: 파슬 선별에 많은 시간이 소요

Requirements for proper melee screening device (멜레 다이아몬드 선별장비의 조건):

- Automatic
자동
- Fast
빠른 속도
- No sampling
샘플검사 없이 진행

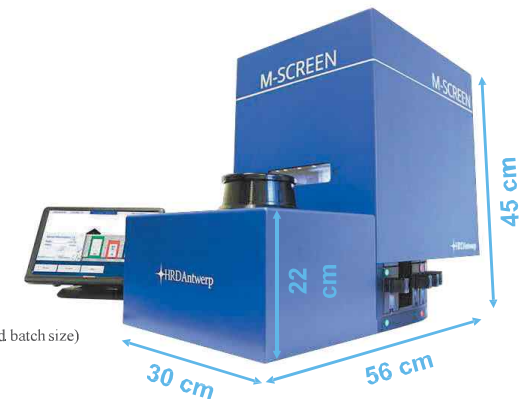


M-Screen

2. HRD Antwerp Screening instruments HRD 앤트워프 선별 장비

2.3 M-Screen

- Round brilliant diamonds
라운드 브릴리언트 다이아몬드
- Size: 0.01 ct – 0.20 ct
사이즈: 0.01 ct – 0.20 ct
- Colour range: D – J
색상범위: D – J
- Simulant detection
유사석 감별
- Fully automatic screening
자동 검사
- Minimum 3 stones/sec (Depending on stone size and batch size)
최소 3개/초 (스톤 크기 및 검사량에 따라)
- Price: 78,000 euro
가격 : 78,000 유로



2. HRD Antwerp Screening instruments HRD 앤트워프 선별 장비

2.3 M-Screen



Screening results:

- **PASS:** 100% natural diamonds
- **REFER:** further testing required (synthetic? or HPHT treated diamonds?)
- **Simulants/OutofSpec:** simulants (moissanite, CZ,...) or diamonds out of specification (ex. M colour)

선별 결과:

- **통과:** 100% 천연 다이아몬드
- **추가검사:** 추가테스트 필요(합성? 또는 고온고압 처리된 다이아몬드?)
- **유사석 / 사양 외:** 유사석(모이산나이트, 큐빅, ...) 또는 대응 사양 외의 다이아몬드 (예. M 컬러)



Europe's
leading authority in
diamond certification

33

2. HRD Antwerp Screening instruments HRD 앤트워프 선별 장비

2.4 M-Screen Plus

- Same principle of M-Screen
M-Screen과 같은 원리
- Different Size Range: 0.005 ct – 0.10 ct
사이즈 범위: 0.005 ct – 0.10 ct
- Faster speed: Minimum 5 stones/sec (Depending on stone size and batch size)
빠른 속도: 최소 5개/초 (스톤 크기 및 검사량에 따라)
- January 2017
2017년 1월



Europe's
leading authority in
diamond certification

34

3. Lab Screening / Detection Procedure 실험실 선별 / 감별 절차

3.1 Screening / Detection Procedure 선별 / 감별 절차

1st step: Screening 첫 번째 단계 : 선별

- D-Screen
- Alpha Diamond Analyzer
- M-Screen

2nd step: Detection 두 번째 단계 : 감별

- DiamondView™
- FTIR absorption spectroscopy
- UV-VIS spectroscopy
- PhotoluminescenceLaser (PL) spectroscopy



Europe's
leading authority in
diamond certification

35

Movie M-Screen Plus

M-Screen Plus 소개 (영상자료)



Europe's
leading authority in
diamond certification

36

3. Lab Screening / Detection Procedure 실험실 선별 / 감별 절차

3.2 Detection Instruments 감별 장비

DiamondView™

- ⇒ Study the growth structures in the diamond
다이아몬드 성장 구조 연구

IR Spectroscopy

- ⇒ Verify the diamond type
다이아몬드 타입 확인

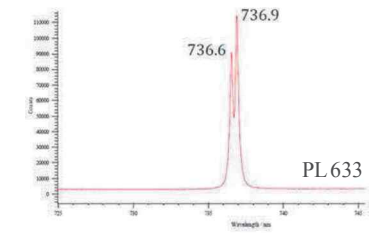
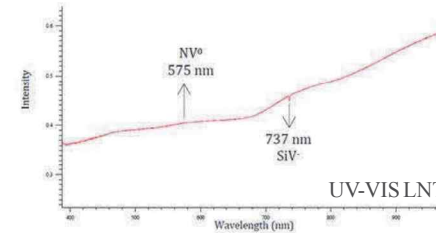
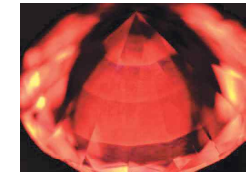
UV-VIS and PL Spectroscopy

- ⇒ Determine characteristic defects of HPHT and CVD synthetic diamonds
고온고압 및 CVD 합성 다이아몬드의 결함 특성 분석



3. Lab Screening / Detection Procedure 실험실 선별 / 감별 절차

3.3 Case study : large CVD diamond of 3.09 ct 사례 연구 : 3.09 ct CVD 합성 다이아몬드

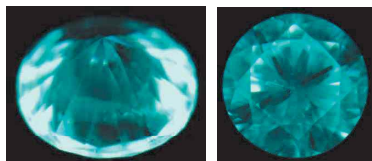


3. Lab Screening / Detection Procedure 실험실 선별 / 감별 절차

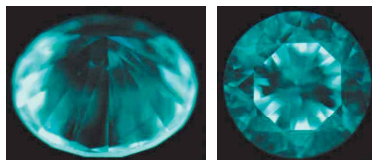
3.4 Case study : synthetic melee diamonds 사례 연구 : 합성 멜레 다이아몬드

Referred diamonds (type IIa – IIb) from M-Screen show HPHT growth characteristics under DiamondView™ imaging:
M-screen에서 '추가 검사' 결과로 선별된 다이아몬드 (type IIa - IIb)의 DiamondView™ 이미지 결과:
(HPHT 성장 특징이 관찰됨)

Sample 1:



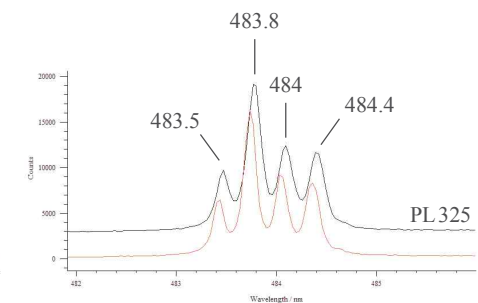
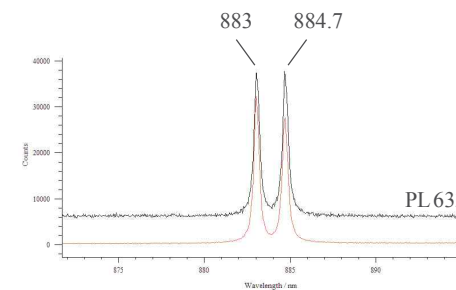
Sample 2:



3. Lab Screening / Detection Procedure 실험실 선별 / 감별 절차

3.4 Case study : synthetic melee diamonds 사례 연구 : 합성 멜레 다이아몬드

Presence of Ni-related centers confirms that the melee diamonds are HPHT lab-grown:
니켈 관련 결함의 존재는 HPHT 합성법으로 제조된 멜레 다이아몬드의 증거:



4. Grading Report and Screening Documents 감정서와 선별 결과 리포트

4.1 Laboratory Grown Diamond Grading Report 합성다이아몬드 감정서



Laser inscription: LABORATORY GROWN + certificate number
레이저 각인 : LABORATORY GROWN + 감정서 번호

Turnaround time: 10 – 15 days
소요기간 : 10-15일

4. Grading Report and Screening Documents 감정서와 선별 결과 리포트

4.2 Screening service for melee size diamonds 멜레 사이즈 다이아몬드 선별검사 서비스

- M-Screen + Alpha Diamond Analyzer
- Full batch screening – NO sampling
전량 검사 – 샘플 검사 없음
- Turnaround time: 2 days
소요기간: 2일
- Costprice: €5/ct + administrative cost €20
비용 : 5 유로 / 캐럿 + 감정 기본료 20 유로
- Detection service possible on special demand
별도 요청에 대한 감별 서비스 대응 및 제공

4. Grading Report and Screening Documents 감정서와 선별 결과 리포트

4.2 Screening service for melee size diamonds 멜레 사이즈 다이아몬드 선별검사 서비스

Return to customer after screening (선별 후, 제공 서비스):

- Closed sealing bag (봉인 서비스)
- Corresponding screening document (선별결과 리포트)

HRD Antwerp Europe's leading authority in diamond certification	
SCREENING DOCUMENT	
Natural diamonds	
Document number	
Date	
Ct	
Sealing number	



8. Conclusions (1/2) 결론 (1/2)

- Production of (near-) colourless gem-quality synthetic diamonds improved
무색 계열의 향상된 보석품질 합성 다이아몬드 생산
- Top-quality (D, LC) polished synthetic diamonds are on the market
주얼리시장에 최고품질(D, Loupe clean) 합성 다이아몬드 나석의 등장
- Rough synthetic diamonds are so far easy to identify
비교적 쉬운 합성 다이아몬드 원석의 감별
- All labs present here have detection/screening of polished synthetic diamonds in place
합성다이아몬드 나석의 선별 및 감별은 대부분의 감정원에서 가능



Chatham

8. Conclusions (2/2) 결론 (2/2)

HRD Antwerp Equipment HRD 앤트워프 장비

D-Screen

Alpha Diamond Analyzer M-Screen +

M-Screen Plus

HRD Antwerp Lab Services HRD 앤트워프 감정원 서비스

Laboratory Grown Diamond Grading Report

Screening and Detection services for melee diamonds

합성다이아몬드 감정서, 멜레 다이아몬드 선별 및 감별



5. Summary 요약

HRD Antwerp Equipment HRD 앤트워프 장비

- D-Screen
- Alpha Diamond Analyzer
- M-Screen + M-Screen Plus

HRD Antwerp Lab Services HRD 앤트워프 감정원 서비스

- Laboratory Grown Diamond Grading Report
합성다이아몬드 감정서
- Screening and Detection services for melee diamonds
멜레 다이아몬드 선별과 감별 서비스