



att Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Linde

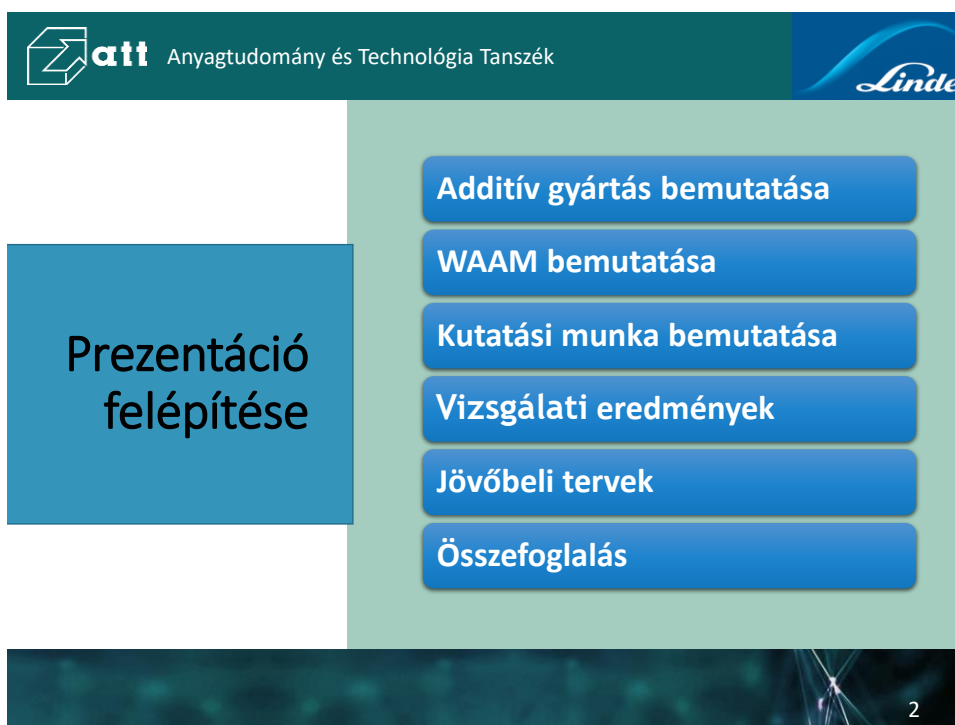
Linde Hegesztési Szimpózium

Az additív huzalelektrodás védőgázos ívhegesztéses gyártás (WAAM) bemutatása

Készítette: Kemény Dávid Miklós, PhD hallgató, BME-ATT
Dr. Katula Levente, egyetemi docens, BME

2022. szeptember 21.

1



att Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Linde

Prezentáció felépítése

- Additív gyártás bemutatása
- WAAM bemutatása
- Kutatási munka bemutatása
- Vizsgálati eredmények
- Jövőbeli tervek
- Összefoglalás

2

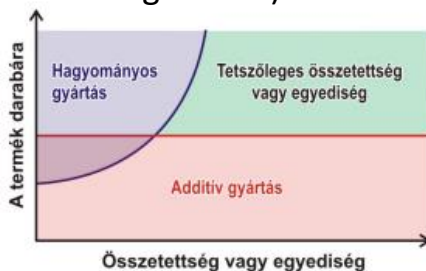
2



Additív gyártás



- Anyag hozzáadásos építkezés: rétegről - rétegre történő felépítés (pl. Felrakóhegesztés)
- Bonyolult geometriák egyszerű elkészítése (ha a szerszám készítés túl drága lenne)



Forrás: <http://hdl.handle.net/10598/29123>



3

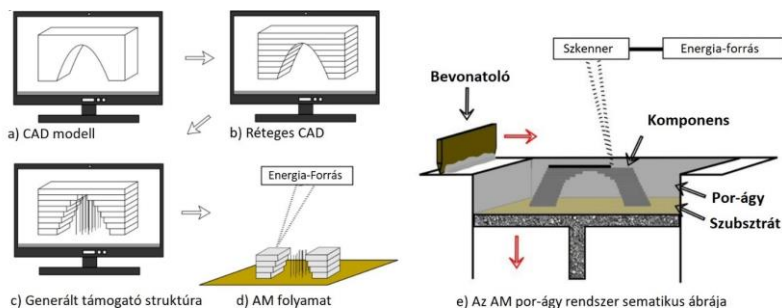


Additív gyártás

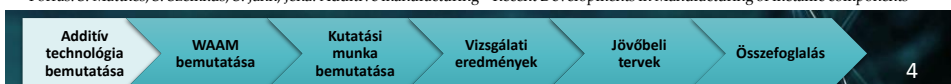


2 csoport:

- Porfémszinterezés (lézer/elektronsugár)



Forrás: S. Matthes, S. Szemkus, S. Jahn, Jena: Additive manufacturing – Recent Developments in Manufacturing of metallic components



4

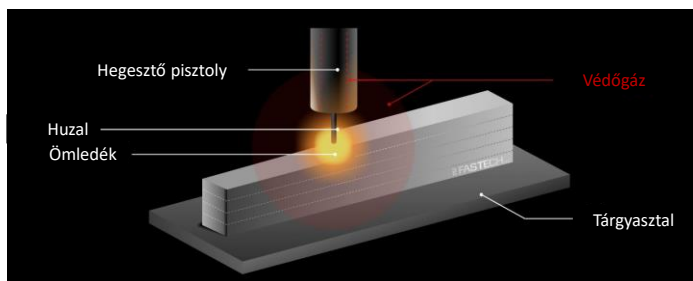


Additív gyártás



2 csoport:

- Porfémszinterezés (lézer/elektronsugár)
- Huzallal történő építkezés



Forrás: <https://www.ramlab.com/resources/waam-101/>



5



WAAM



Additív gyártás huzalelektrodás védőgázos ívhegesztéssel -
Wire Arc Additive Manufacturing - WAAM

- Iparban nagyon sok helyen megtalálható
- Olcsóbb, mint a porfémszinterező berendezések
- Fontos feladat: Hegesztés technológia változóinak ismerete – befolyásolja az ömledéket és a varratgeometriát



6



WAAM



Ipari alkalmazások is WAAM-nak



Légcsavar lapátok



Forrás: <https://all3dp.com/1/waam-what-is-wire-arc-additive-manufacturing/>

Additív
technológia
bemutatása

WAAM
bemutatása

Kutatási
munka
bemutatása

Vizsgálati
eredmények

Jövőbeli
tervek

Összefoglalás

7

7



WAAM



Alapanyag megtakarítás



Titán tartó

Forrás: <https://all3dp.com/1/waam-what-is-wire-arc-additive-manufacturing/>

Additív
technológia
bemutatása

WAAM
bemutatása

Kutatási
munka
bemutatása

Vizsgálati
eredmények

Jövőbeli
tervek

Összefoglalás

8

8



Kutatási munka bemutatása



- Duplex acélból készült termék készítése – Gyors előállítással
- Duplex kiinduló anyag → Duplex végeredmény (Hőkezelés – áthőkezelés – duplexnél baj)
- Kutatási cél: Megfelelő paraméterek megválasztása duplex acél hegesztéséhez



9



Kutatási munka bemutatása



Hegesztés során használt eszközök:

- Alapanyag: Duplex acél 2209 hegesztőhuzal
- YASKAWA EA1400 hattengelyes hegesztőrobot
- Multiméteres K típusú termoelemmel szerelt tapintó hőmérő



10

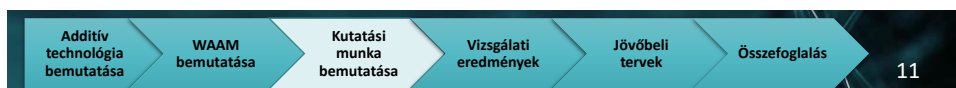


Kutatási munka bemutatása



Hegesztési paraméterek:

Azonosító	Huzalelőtölés (m/perc)	Hegesztési seb. (cm/perc)	Feszültség (V)	Gáz típus Linde	Gáz menny. (liter/perc)
CO ₂ _8_17	3,6	8	17	Cronigon 2	15
CO ₂ _38_17	3,8	38	17	Cronigon 2	15
He_38_17	3,8	38	17	Cronigon 2He20	15
CO ₂ _38_19	3,8	38	19	Cronigon 2	15
He_38_19	3,8	38	19	Cronigon 2He20	15
CO ₂ _38_19_hűtött	3,8	38	19	Cronigon 2	15



11



Kutatási munka bemutatása



Elkészült hegesztések:



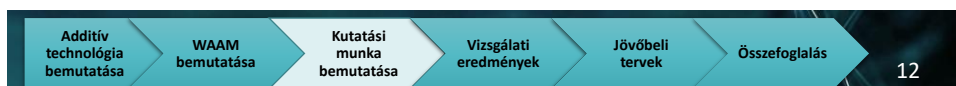
Hossz: 220 mm

CO₂ és He 17V

Magasság: 75 mm

Szélesség: 17 mm

Rétegszám: 22



12



Kutatási munka bemutatása



Elkészült hegesztések:



He és CO₂ He 17V

Additív
technológia
bemutatása

WAAM
bemutatása

Kutatási
munka
bemutatása

Vizsgálati
eredmények

Jövőbeli
tervek

Összefoglalás

13

13



Kutatási munka bemutatása



Elkészült hegesztések:



CO₂ és He 19V

Hossz: 220 mm

Magasság: 80 mm

Szélesség: 24 mm

Rétegszám: 32

Additív
technológia
bemutatása

WAAM
bemutatása

Kutatási
munka
bemutatása

Vizsgálati
eredmények

Jövőbeli
tervek

Összefoglalás

14

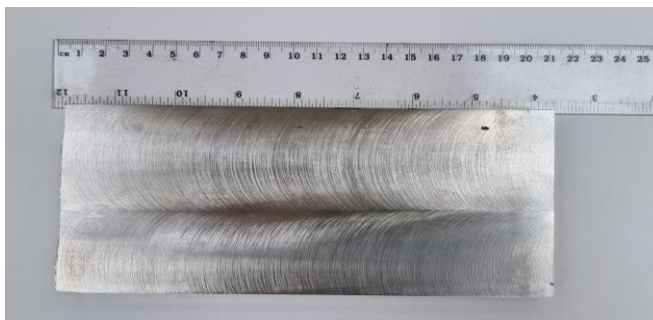
14



Kutatási munka bemutatása



Kimunkálás:

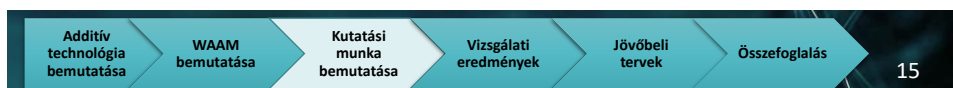


Hossz: 200 mm

Magasság: 75 mm

Szélesség: 21 mm

He 19V



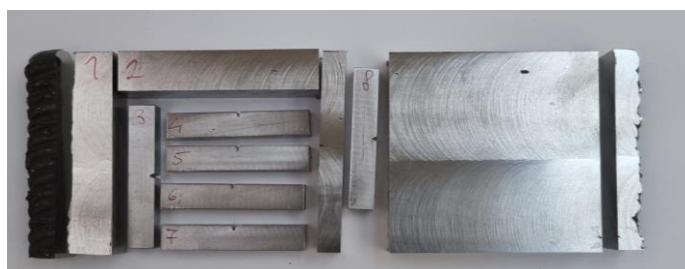
15



Kutatási munka bemutatása



Kimunkálás:

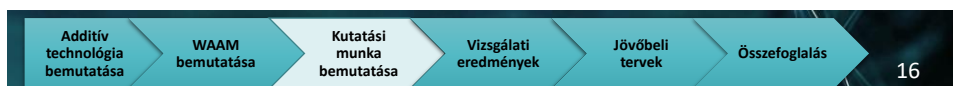


He 19V

Jelölések:

Szakítópróbatest – 1,2

Charpy próbatestek – 3, 4, 5, 6, 7, 8



16



Kutatási munka bemutatása



Érdekessegek:

Erőteljes összeolvadási hibák – 8 cm/perc hegesztési sebesség esetében, Cronigon 2 védőgázzal



17



Vizsgálati eredmények



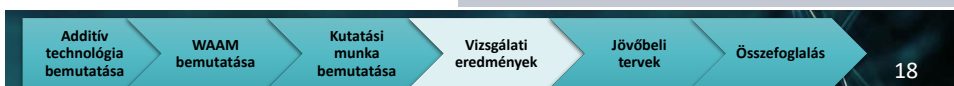
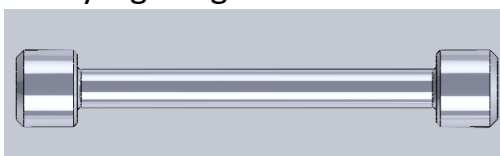
Eddigi eredmények:

- Charpy-ütve hajlító vizsgálat
- Szövetszerkezet vizsgálata csiszolatokon



Később:

További Charpy, szakító és keménység vizsgálatok



18



Vizsgálati eredmények

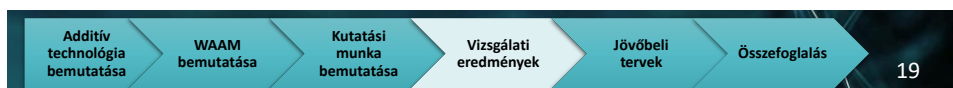


Charpy eredmények 20°C hőmérsékleten

Korábbi mérési eredmények KV (J)	Mért eredmények KV (J)
153	126
158	121

Ferrit% ~45%

Ferrit% ~28%



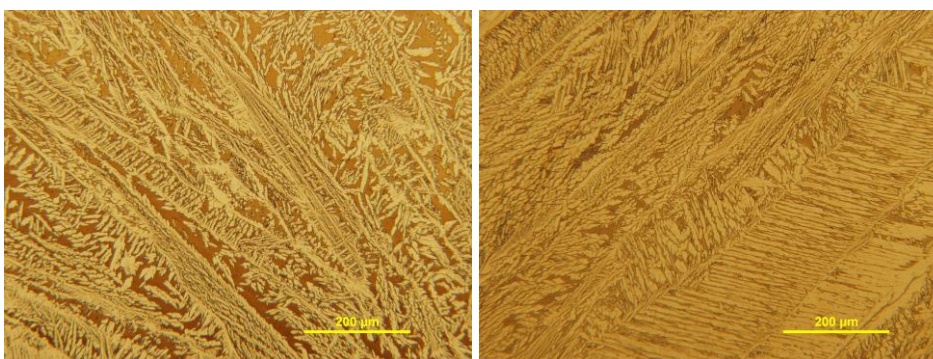
19



Vizsgálati eredmények

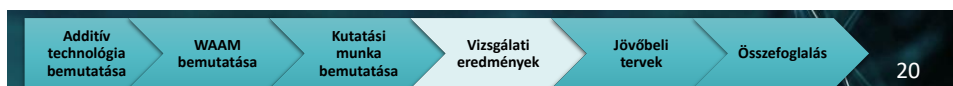


Fém-mikroszkópos felvételek – CO2 19V



Próbatest alja

Próbatest teteje



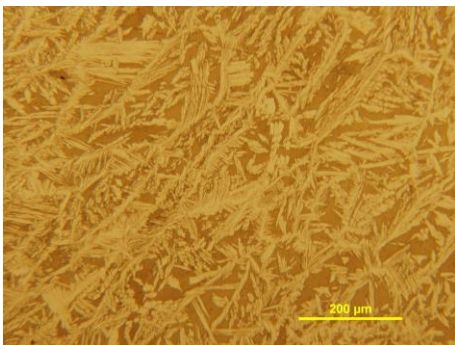
20



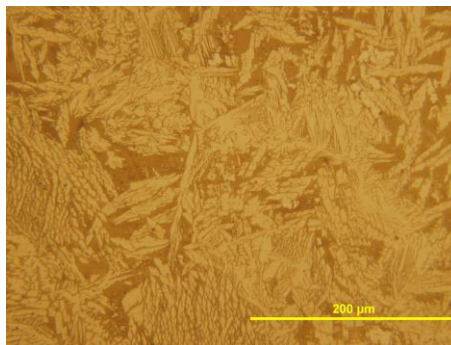
Vizsgálati eredmények



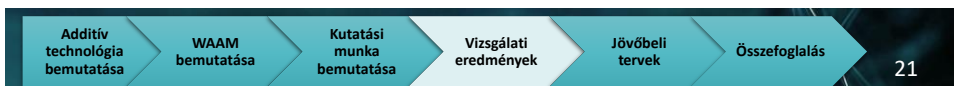
Fém-mikroszkópos felvételek – He 19V



Próbatest alja



Próbatest teteje



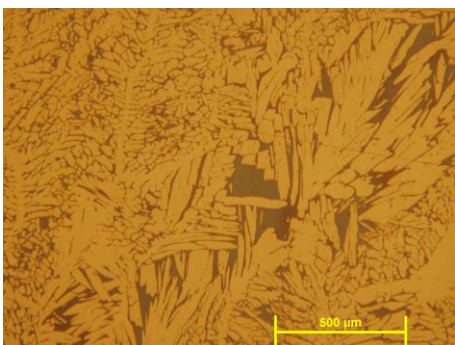
21



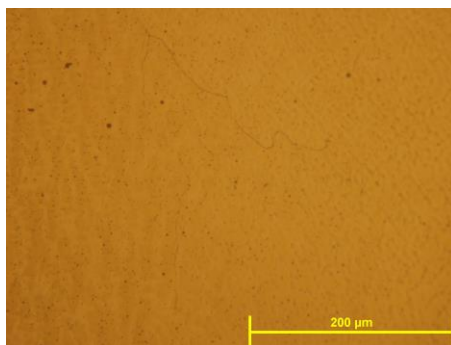
Vizsgálati eredmények



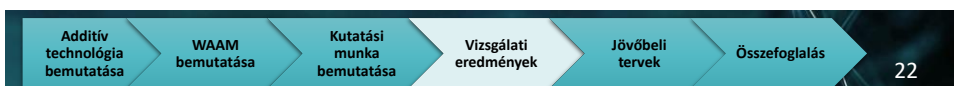
Fém-mikroszkópos felvételek – He 19V



Próbatest alja



Próbatest teteje



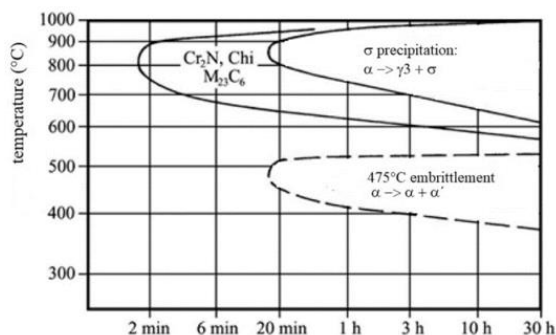
22

- További tömbök építése és vizsgálata
- Meglévő tömbök megmunkálása, próbatestek kimunkálás (Szakító és Charpy próbatestek)
- CMT (Cold Metal Transfer) alkalmazása gyártás közben
- Rétegek közötti hőmérséklet megoldása iparban
- Ütőmunkában való csökkenés vizsgálata



23

- Összesen 6 darab legyártott tömb
- Korábbi eredményekhez képest kisebb ütőmunka – δ és α' fázisok?



Forrás: C. R. DE FARIAS AZEVEDO, et. al: "An overview of the recurrent failures of duplex stainless steels," Engineering Failure Analysis



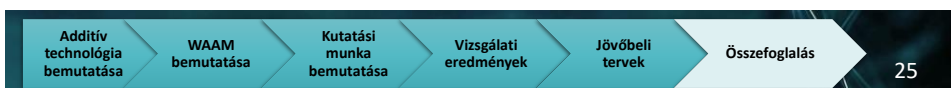
24



Összefoglalás



- Összesen 6 darab legyártott tömb
- Korábbi eredményekhez képest kisebb ütőmunka – δ és α' fázisok?
- További vizsgálatok végzése: Szakító és Charpy vizsgálatok
- Hűtés további vizsgálata (CO2 hűtés nem okozott jelentős változást)



25



Anyagtudomány és Technológia Tanszék



KÖSZÖNÖM SZÉPEN A MEGTISZTELŐ FIGYELMET!

Köszönetnyilvánítás

Dr. Gyura László
Abaffy Károly
Reichardt László
Linde Gáz Magyarország Zrt.

26