

VARGA OTTÓ – KONRAD KRIMPELSTAETTER

Növelt hatékonyságú hengerréskenés az energiafogyasztás csökkentése és a termékválaszték bővítése céljából

Átfogó kísérleteket végeztünk 2011-ben az ISD Dunafer Zrt. új hideghengerállványán a Siemens VAI közreműködésével egy direkt applikációs (DAS) kenési rendszer tesztelésére. A hengerrési folyamat kiemelt paramétereit (hengerrési erőt, motornyomatékot), a szalagtisztaságot, a végső szalaghőmérsékletet befolyásoló hatást, valamint a jobb szűrésterv kialakítási lehetőségeit mutatja be a cikk. A DAS lehetővé teszi a nagyobb szilárdságú (keménységi fokozatú) és a viszonylag vékonyabb (0,5 mm alatti) hidegszalagok gyártását.



1. ábra. Az ISD Dunafer Zrt. új, reverzáló hidegen hengerrőlő hengerállványa

A nagyobb energiahatékonyság, az alacsonyabb üzemeltetési költségek és a felhasználási követelmények, valamint a termékválaszték növelésének igénye iránti könyörtelen piaci nyomás kényszeríti a hengermű-üzemeltetőket az új technológiák és a hatékonyabb hideghengerrési megoldások bevezetésére.

Az ISD Dunafer és a Siemens VAI együttműködésének célja a munkahenger és a szalag közti súrlódás, és így az energia- és anyagfelhasználás (a villamos energia és a hengerfelhasználás) csökkentése a dunaújvárosi ISD Dunafer hideghengerműi hengerállványánál (1. ábra) a ter-

mékminőség és a folyamatstabilitás romlása nélkül. Mindez a hengerréskenés hatékonyságának növelésével történik, amelyet egy megnövelt kenőhatású emulzióknak a szalag felületére közvetlen módon való felvitelével oldunk meg. Ennek megnevezése a Direct Application System (DAS) (2. ábra).

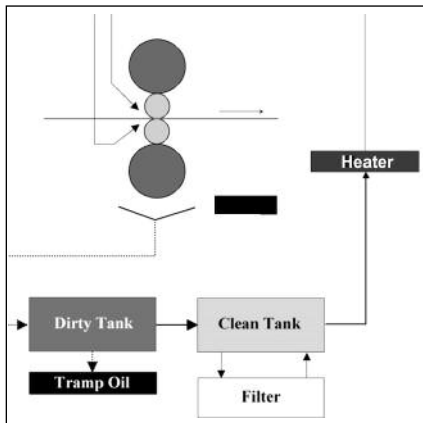
A nagyobb szilárdságú (keménységi fokozatú) és a viszonylag vékonyabb (0,5 mm alatti) szalagok gyártásához a hideghengerműi reverzáló hengerállványt ezzel a rendszerrel egészítettük ki. A DAS fő gondolata egy kb. 30%-os olajkoncentrációjú „zsíros emulzió” felvitele a henger-

résbe belépő szalagfelületre. A növelt olajkoncentráció javítja a munkahenger és a szalag felületén olajfilm kialakulását (azaz az olajkiválást a felületen a hengerrés bemenetnél), ezzel jobb kenést biztosítva a hengerrésben.

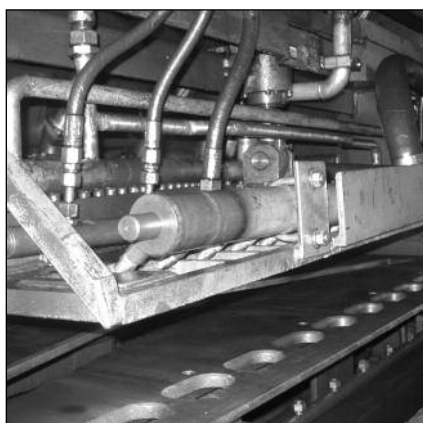
A fejlesztés alapja az, hogy az emulzió működésének mechanizmusa jobban kihasználható legyen. Az emulziógyártók féltve őrzik gyártástechnológiájukat, de a felhasználóknál működésük hasonló, viszont hatékonyságuk eltérő. Kijelenthető, hogy nincs két egyforma rendszer, csak elvi azonosság. Az emulziórendszerek mindig a hengerművek sajátosságai alapján és igényeik szerint alakulnak ki. Az olajbeszállítók ezért igyekeznek a felhasználók szerinti sajátos igényeket is a fejlesztéseikben felhasználni. A mai korszerű hideghengerművek kizárólag csak metastabil emulziókat használnak. A fejlesztések a stabil jellegtől a vegyes kialakításon keresztül eljutottak a

Varga Ottó 1977-ben szerzett alakítástechnológiai kohómérnöki oklevelet. Ettől fogva dolgozik a Dunafer Hideghengerművében üzemvezetőként, főmérnökként, majd műszaki-termelési igazgatóhelyettesként. Számos fejlesztés irányítója volt. Jelenleg fejlesztési projektigazgató.

Dr. Konrad Krimpelstaetter 2001-ben végzett a linzi Johannes Kepler egyetemen. Az itt folytatott mechatronikai tanulmányok és a PhD-fokozat elnyerése után a Siemens VAI-nál hideghengerrési technológiai vezető volt, majd 2011-től innovációs vezető.



■ 2. ábra. A DAS elvi felépítése. Dirty Tank=szennyezett tartály (gyűjtő), Clean Tank=tiszta tartály, Tramp Oil=idegen olaj, Filter=szűrő, Heater=hőcserélő



■ 3. ábra. Beépített kollektor

hatékonyabb metastabil állapotig.

Ha az oldat nyugalomba kerül, akkor az olaj néhány perc alatt kezd szétválni a víztől, és felúszik a tartály tetejére, így használhatatlanná téve az emulziót. Hogy ez elkerülhető legyen, állandóan mozgásban kell tartani a rendszert. De a hengerléskor szükséges felületi kenést is ez a „széjjelválasztódás” segítheti elő. A mai korszerű hengerek nagy sebességűek, elérik vagy meghaladják az 1800 m/perc sebességet is. A nagy sebesség miatt kulcskérdés a stabilitás és a felülethez való tapadási képesség. (Fontos az üzemeltetési hőmérséklet szerepe, mely a „diszpergálódási” szemcseméretre van hatással.) Ez az a tulajdonság, a metastabil emulzió viselkedési formája, ami lehetővé teszi a DAS alkalmazását. A gyors szétválási és tapadási képességgel érjük el azt, hogy a felületen hatékonyabb filmréteget hozhassunk létre, amivel jelentősen befolyásolhatjuk a súrlódási viszonyokat.

A DAS aránylag kis terjedelmű rendszer, a víz és a hengerlési olaj tárolására szolgáló külön tartályokkal. A folyadékokat csak az alkalmazás előtt keverik össze, hogy jobb legyen a kenési teljesítmény. A DAS plusz beruházási költség igényű, de több előnnyel is szolgál, amely alapján megtérülhet a fejlesztés.

Sikeres kísérletek

Széleskörű kísérleteket végeztünk 2011-ben az ISD Dunaferri hideghengerállványán a beépített DAS tesztelésére. A hengerállvány mindkét oldalára, a hengerréstől 1,3 m-re direkt applikációs kollektorokat helyeztünk el (3. ábra).

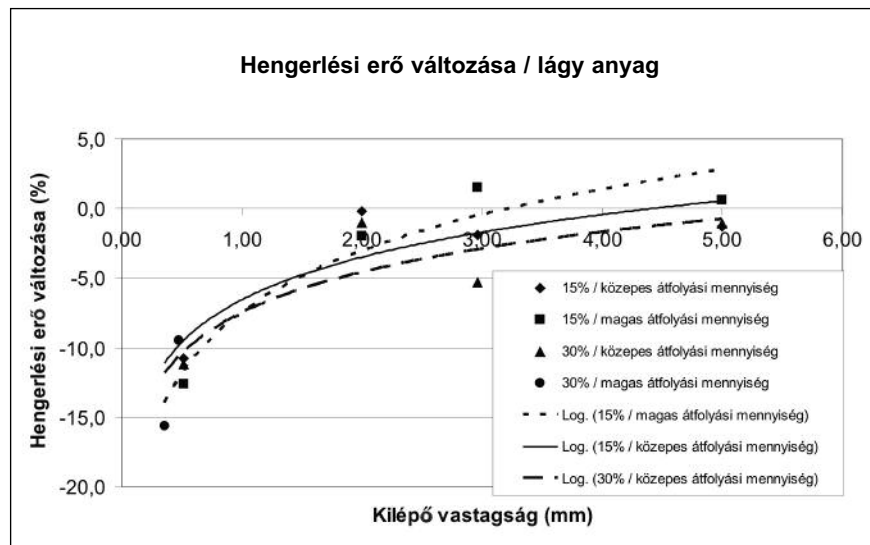
Teljesen nyitott szeleppel állványoldalanként kb. 80 l/min maximális

áramlási mennyiség alkalmazható.

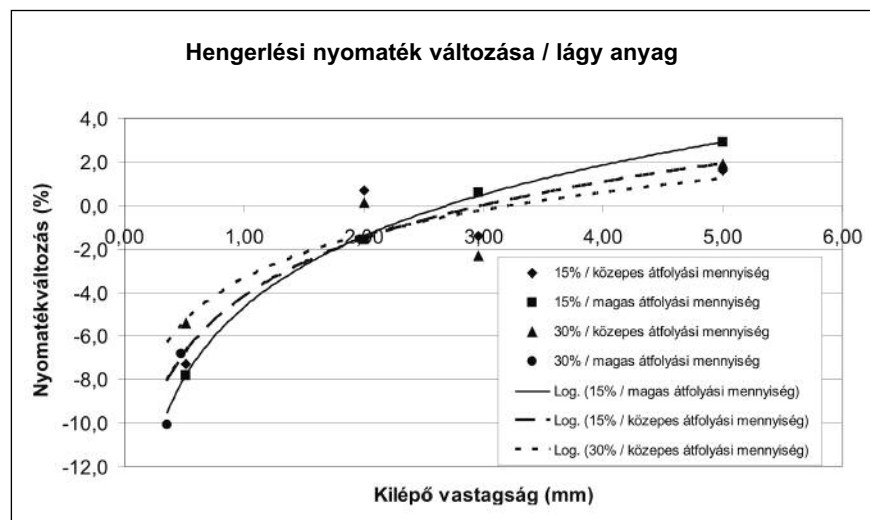
A kísérletek célja volt a DAS hatékonyságának megállapítása a különböző hengerlési jellemzőkhöz:

- az olajkoncentráció-változás és az áramlási mennyiség hatása a folyamatparaméterekre, valamint a folyamatstabilitásra;
- hatása a végső szalaghőmérsékletre a hideghengerlés után;
- hatása a szalagtisztaságra (a hideghengerlés után és az azt követő lágyítás után);
- új szűrőtervek kidolgozása.

A DAS fő eredménye a későbbi szűrés során – különösen a vékonyabb szalagvastagságok (<0,5 mm) esetén –, hogy jelentős a hengerlési erő és a motornyomaték csökkenése. A kísérleti programon belül kb. 16%-os maximális hengerlésierő-csökke-



■ 4. ábra. A hengerlési erő változása



■ 5. ábra. A főhajtás nyomatékváltozása

nés és kb. 10%-os maximális henger-nyomaték-csökkenés volt észlelhető (4–5. ábra).

Az eredmények szerint a DAS a leghatékonyabb a vékony és a keményebb fokozatú szalagokhoz, továbbá a hideghengerlés későbbi szűrásaiban a jellemzően simább szalagfelületekhez. Az alkalmazás mintegy 6 °C-kal növeli a végső szalaghőmérsékletet (a hagyományos hengerrés-kenéshez képest) (6. ábra).

Az emulziók szerepe nem fejeződik be a hengerlésnél, és jelentős hatással bírnak a termék felületi minőségére is. Ez már megjelenik a hengerlés alatt (kopadékképződés, szappanosodás, foltképzési hajlam stb.), és a hengerlés utáni lágyításban. Meghatározza a hőkezelés után az emulzióból és az előző folyamatból visszamaradó anyagok mennyiségét is a felületen, így a kész szalag felületi tisztaságát. A kísérlet során nem volt észlelhető szalagtisztaság-változás, amit a hideghengerlés előtti, a hideghengerlés utáni és az azt követő lágyítás utáni állapotban végzett, úgynevezett ragasztószalagos reflexiómérési teszt bizonyított (7. ábra). A mérés lényege, hogy egy átlát- szó ragasztószalag-darabot felra- gasztunk a lemez felületére, majd légmentes tapadás után lefejtjük a felületről. A szalag ragasztóval ellátott felületére a lemezen lévő szennyező- dések (vaskopadék, emulzióból szár- mazó száraz maradék anyagok, mint például karbon stb.) felragadnak. Ezt

a ragasztószalagrészt egy fehér papírlapra rögzítjük. Egy speciális berendezéssel megvilágítva megmér- hető a reflexió mértéke, amit a fehér papírfelülethez képest (ez a 100%) mérőszámmal fejezünk ki %-os érték- ben.

Szűrőszám	h_0 (mm)	h_1 (mm)	h_{1m} (mm)	b (mm)	ε (%)	ε_m (%)
1.	1,986	1,433	-	1270	27,8	27,8
2.	1,433	0,989	-	1270	31	31
3.	0,989	0,7	-	1270	29,2	29,2
4.	0,7	0,514	0,479	1270	26,6	31,6
5.	0,514/0,479	0,4	0,341	1270	22,1	28,2
				Σ 79,9	Σ 82,8	

A szűrősterv fejlesztése az állvány- kapacitás teljes kihasználása céljából

A direkt applikációs rendszer hatása az első szűrásban elenyészően ala- csony, mivel az első szűrést a hideg- hengerléskor az aránylag magas felü- leti érdesség jellemzi alacsony hen- gerlési sebességekkel és lágy anyag- szilárdsággal kombinálva. Ez gyakran eredményez olyan hengerlési felté- teleket a határkenés rendszerben, ahol a súrlódási tényező csaknem függet- len az alkalmazott olajkoncentrációtól. Az olajkoncentráció és a kenő- anyag-viszkozitás olyan hengerlési szűrásban válik fontossá, ahol a sza- lagfelületi érdesség finomabb az elő- ző szűrások miatt, és az anyag- szilárdság a felkeményedés miatt je- lentősen növekszik.

A DAS-nak csak az utolsó szűrá-

sokban történő alkalmazásával a tel- jes „fogyást” kb. 3%-kal lehetett csök- kenten azonos hengerlési erők és hengerlési nyomatékok esetén.

Egy példa a módosított szűrőstervre: acélminőség: DC01, 2,0 mm → 0,4 mm x 1270 mm

Szűrőszám: a hengerlési redukció sor- száma

h_0 : belépő vastagság

h_1 : kilépő vastagság

h_{1m} : módosított kilépő vastagság

b : szélesség

ε : vastagságcsökkenés a szűrőben (%)

ε_m : módosított vastagságcsökkenés (%)

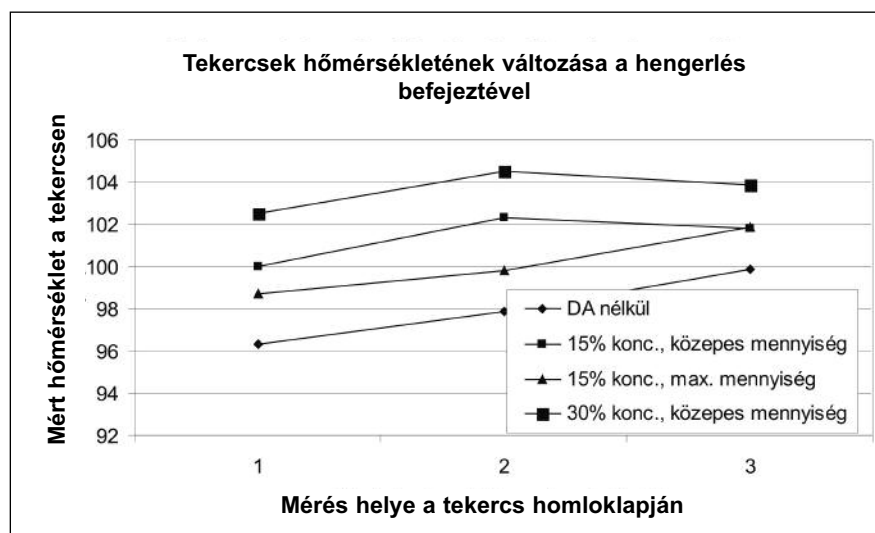
A DAS előnyei

A javított hengerréskenés a munka- henger és a szalag között kisebb sűr- lődési tényezőt eredményez, csök- kentve a súrlódási energia vesztesé- geket, ebből adódóan csökkentve a hengerlési erőket és a hengerlési nyomatékokat. Ez kiemelt jelentő- ségű a keményebb és vékonyabb szalagok hengerlésekor, mivel sok hengerállvány már a saját és a kenő- anyag teljesítőképességének határán üzemel. Ugyanakkor segíti az en- ergiamegtakarítást és a hengerélettar- tam-növelést is.

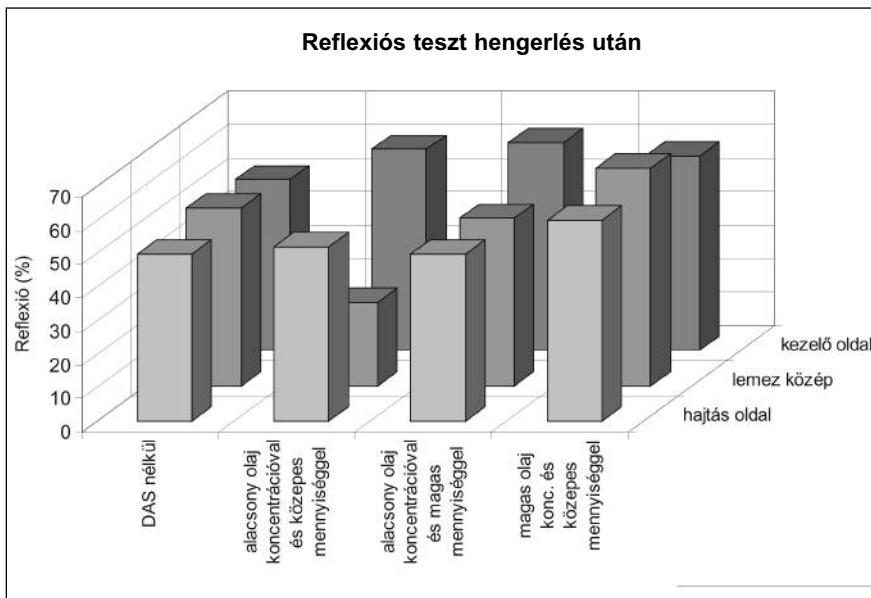
A DAS hátrányai

A magas olajtartalmú emulzió adago- lása az üzemszerűen, normál hen- gerléshez használt emulzió olajtartal- mát folyamatosan növeli, és ez nem előnyös sem minőségi, sem gazda- sági okokból. A megoldást a rendszer működésének sajátosságaiban lehet keresni.

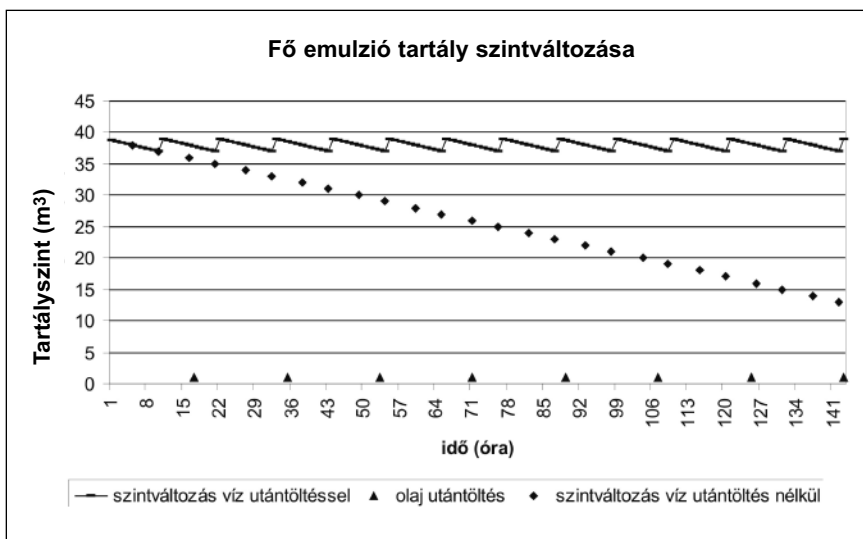
Az emulziós rendszer folyamatos használata közben az emulzió men- nyiségi veszteséggel jár, amelynek folyamatos pótlása szükséges úgy vízdalról, mint az olajdalról, hogy a hengerléshez szükséges emulzió- tulajdonságok egy meghatározott túré- sen belül tarthatók legyenek. A



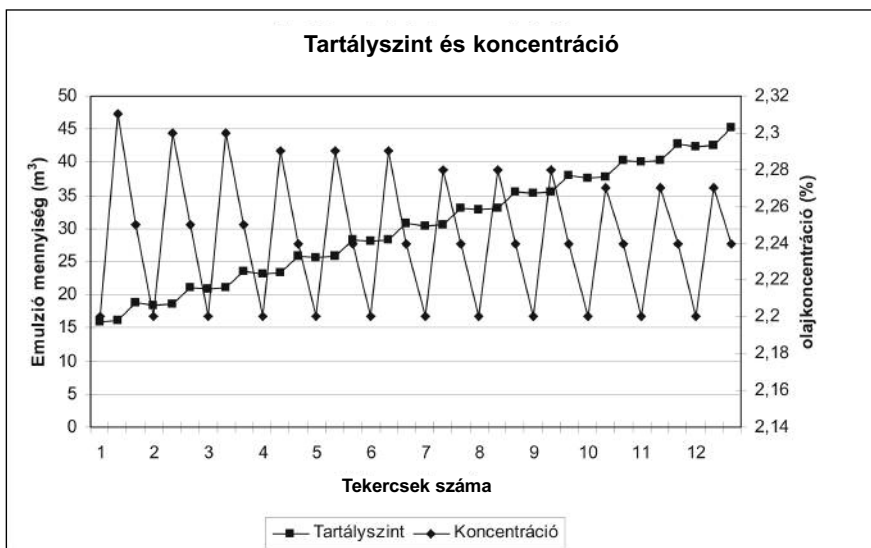
■ 6. ábra. A szalaghőmérsékletek emelkedése a hengerhűtés változása miatt. Mérési helyek: 1 – a tekercs belső átmérőjénél a homloklopon; 2 – a tekercs homloklap- jának közepén; 3 – a tekercs homloklapján a külső átmérőnél



■ 7. ábra. A felületi tisztaságot bemutató reflexiómérések eredménye



■ 8. ábra. Az emulziós rendszer tartálysztíjének változása normál üzemelés alatt



■ 9. ábra. A DAS használata közben a változó tartálysztíj és olajkoncentráció változása

veszteségek döntő oka a párolgás (hűtési effektus), illetve kisebb mértékben a tekercesk belsejében a relatíve nagy felületen visszamaradó nedvesítési hatásból eredő folyadék mennyisége.

A rendszer kezelőinek az előbbi figyelembe véve kell megtervezniük a működtetést. Ezt szemlélteti a 8. ábra, ahol a vízszintesen cakkozott görbe („szintváltozás víz utántöltéssel”) a szokványos üzemelési körülményeket mutatja időnkénti olajpótlással.

Amennyiben normál hengerlés alatt az utántöltést elhagyjuk, egy bizonyos idő után a szint lecsökken olyan mértékben, amit ki lehet használni a DAS működtetésére („szintváltozás víz utántöltés nélkül”). A lecsökkentett szinttel el lehet kezdeni a DAS használatát, majd a szükséges vízpótlást. A DAS működtetésével az olajtartalmat folyamatosan növeljük. Azért, hogy a teljes rendszerben az olajtartalmat szűk határon belül tartsuk, vizet is kell utántölteni. Ezt néhány tekerces DAS használat után a többletként bevitt olajmennyiségnek megfelelően (elhasznált „zsírosabb” emulzió olajtartalma) pontosan meghatározott vízmennyiséggel kell elvégezni. Ez a folyamat mindaddig működhet, amíg a tartály szintje el nem éri a megengedett maximumot (9. ábra). Ezután vissza kell állni a normál hengerlésre, és egy idő után (párolgási veszteség szerint) kezdődhet a ciklus ismételtlen.

A DAS az utolsó két szűrásban előnyös volt, elérve a jobb hengerléskenést, a kisebb sűrítési tényezőt és sűrítési veszteségeket. Így csökkentette a hengerlési erőket, a hengerlési nyomatókokat és motoráramokat. Ezzel elérhető a növelt „fogyási képesség”, és általa a termékválaszték szélesítése a vékonyabb és keményebb minőségek felé. A direkt applikációs rendszer további hatékonyságnövelése céljából az ISD Dunafer Zrt. és a Siemens VAI folytatni kívánja a rendszer optimalizálását.