

Moduláris felépítésű öntvényellenőrző berendezés tervezése MI alapú képfeldolgozással

Designing a Modular Foundry Inspection Machine applying AI-Based Image Processing

SZEMÁN Ákos¹, Dr. GOTTHARD Viktor²

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Műegyetem rkp. 3, 1111, szeman.akos@jezsu.hu

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Műegyetem rkp. 3, 1111
Gépészmérnöki Kar, Gép- és Terméktervezés Tanszék, gotthard.viktor@gt3.bme.hu

Abstract

The study is related to the design of a casting inspection device, which examines whether a given piece meets the requirements of the product based on visual observation. To achieve the required accuracy, we review the advantages and disadvantages of traditional Vision and AI-based image processing, as well as the control steps of the systems. A more precise detection of surface defects due to the inhomogeneity of cast surfaces can be achieved with the AI-based Vision system, which can search for the nature of the defects based on trained images and is less sensitive to environmental conditions.

Keywords: AI-based image processing, AI Vision, casting inspection, artificial intelligence, modular equipment

Kivonat

A tanulmány egy öntvényellenőrző berendezés tervezéséhez kapcsolódik, ami vizuális megfigyelés alapján vizsgálja, hogy az adott darab megfelel-e a termékkel szemben támasztott követelményeknek. A megfelelő pontosság eléréséhez áttekintjük a hagyományos Vision és az MI alapú képfeldolgozás előnyeit és hátrányait, valamint a rendszerek ellenőrzési lépéseit. Az öntött felületek inhomogenitásából adódó felületi hibák precízebb detektálására ad megoldást az MI alapú Vision rendszer, ami betanított képek alapján az adott hibák jellegére tud keresni, emellett kevésbé érzékeny a környezeti viszonyokra.

Kulcsszavak: MI alapú képfeldolgozás, MI Vision, öntvényellenőrzés, mesterséges intelligencia, moduláris berendezés

1. BEVEZETÉS

Az elvégzett kutatás egy öntvényellenőrző berendezés tervezéséhez kapcsolódik, amely vizuális megfigyelés alapján vizsgálja, hogy az adott termék megfelel-e a minőségügyi oldalról támasztott követelményeknek. A szemrevételezési vizsgálatoknál előfordulnak olyan esetek, amikor az emberi szem felbontóképessége vagy az emberi agy kapacitása nem képes elég gyorsan feldolgozni az őket érő információhalmazt, továbbá hogy nem várható el a manuális vizsgálatról a hosszútávon standard minőség és megbízhatóság. Ebben az esetben célszerű az erre kifejlesztett gépi látó (machine-vision) rendszerek alkalmazása, amelyek képesek automatizáltan elvégezni ezt a feladatot. A megfelelő pontosság eléréséhez meg kell vizsgálnunk a hagyományos Vision és az MI alapú képfeldolgozás előnyeit és hátrányait, valamint a rendszerek ellenőrzési lépéseit. Az öntött felületek inhomogenitása miatt a hagyományos Vision rendszer csak nagyon pontatlan érzékeléssel tudja ellenőrizni, hogy a vizsgált darab megfelelő, ezért alkalmazása nagy hibaszázalékkal párosulhat, valamint inhomogén felületek esetén nem működik a hagyományos vision-rendszerek mintaillesztéses elve. Mindezek kiküszöbölésére ad megoldást a mesterséges intelligencia alapú Vision rendszer alkalmazása, ami betanított képek alapján az adott hibák jellegére tud keresni, emellett kevésbé érzékeny a változó fényviszonyokra, az inhomogén felületre és az esetleges becsillanásokra.

2. ÖNTVÉNYEKNÉL ELŐFORDULÓ MINŐSÉGI HIBÁK

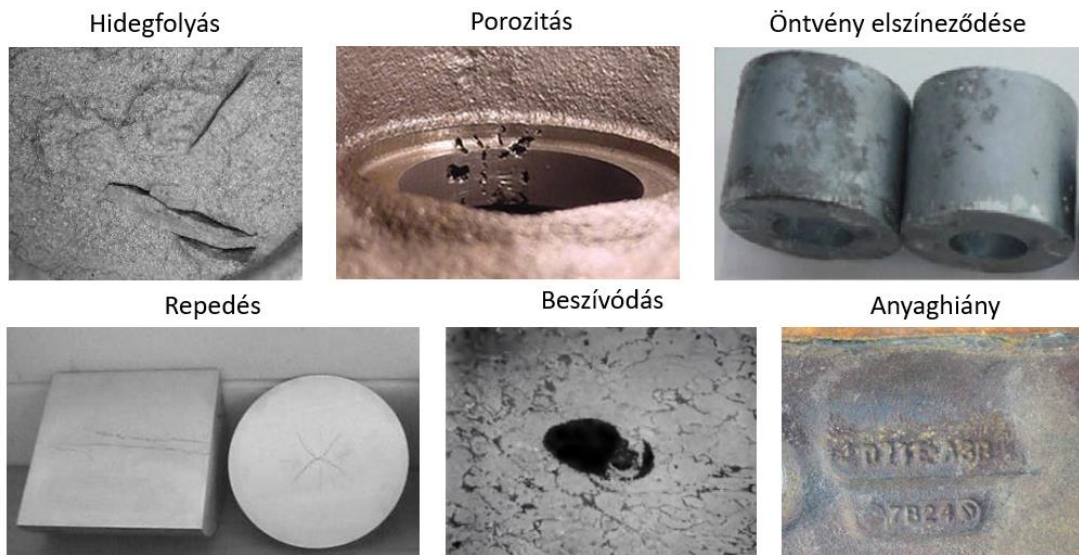
A nyomásos öntés egyre fontosabb szerepet játszik a fémalakító technológiákon belül. Sokoldalú, modern, környezetbarát gyártási eljárás, könnyen automatizálható és ideális nagyszorozatú öntvények gyártására. A kokillaöntés gépesített változata, amely nagy sebességgel nyomással juttatja az olvadt fémet a formaüregbe. Az eljárás technológiája révén olyan munkadarabok hozhatók létre, amelyek összetett szerkezetűek és alakúak, emellett nagy pontossággal és tisztasággal rendelkeznek, hasonlóan a kész alkatrészekhez. Ennek eredményeként gyakran nem szükséges utólagos gépi megmunkálás. [1]

A nyomásos öntés során különféle öntvényhibák keletkezhetnek, amelynek mértékétől függően a termék végleges vagy javítható selejtként minősítendő. Az öntészetben hagyományosan egyedi elnevezéseket használnak az öntvényhibák leírására, de előfordul, hogy ugyanazt a problémát különböző kifejezésekkel írják le. A nyomásos technológiával előállított öntött alkatrészek leggyakoribb hibáit a következőképpen lehet csoportosítani: alakhi hibák, belső hibák, felületi hibák, mechanikai hibák. [2]

A feladat során alkalmazott MI alapú Vision rendszer használatával a felületi hibák kiszűrése lehetséges, így a továbbiakban ezekre fókuszálunk.

Az öntvények felületén leggyakrabban előforduló hibák és azokat kiváltó okok: [1]

- Salakzárvány: A formába kerülő salak vagy fémoxidok formába jutása és megrekedése okozza, jelenlétükre a felületi bemélyedések utalnak.
- Lunker (beszívódás): A hűlési folyamat során bekövetkező anyagzsugorodás következtében alakul ki, amikor nem megfelelő a tervezett tápfej a zsugorodás pótlására. Ezen hiba olyan helyeken jelenik meg, ahol hirtelen keresztmetszetváltozás található az öntvényben.
- Gázzárvány: A gázvezetés nem megfelelő.
- Belső feszültség, repedések, vetemedések: Nagy falvastagság különbség esetén az eltérő hűlési, dermedési sebesség következtében zsugorodáskor a már megdermedt részek megrepedhetnek.
- Továbbá ide tartoznak az alkatrész felületén megjelenő egyéb jelenségek, mint hidegfolyások, pikkelyek, hólyagok, folyási vonalak, fátyolozódás, duzzadás, beesési helyek, hullámok, beszívódások, kráterek, örvények és elszíneződések. Szintén felületi hibák a formaátadó felületen bekövetkezett karcolások és a nagyfokú érdesség.



1. ábra. Gyakori öntvényhibák [3]

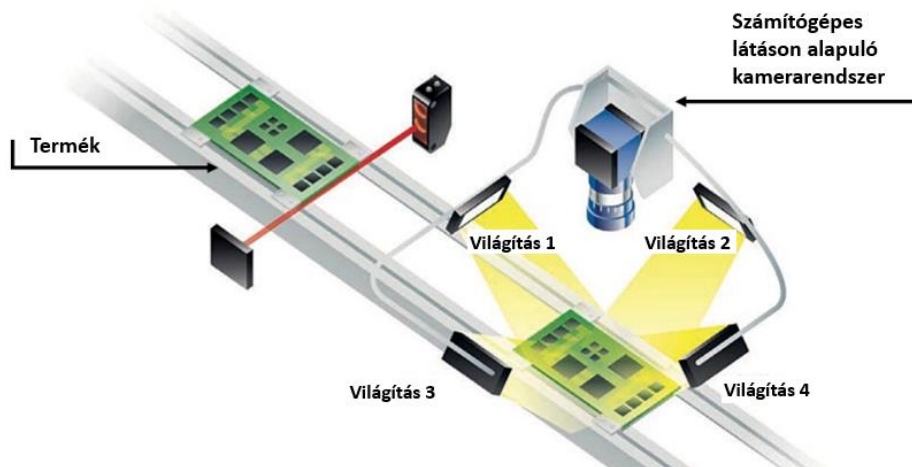
Az ezen hibákat okozó tényezők megszüntetése nyilvánvalóan kívánatos lenne, azonban nagy sorozatú gyártás esetén, ahol a rövid ciklusidőre van szükség, ezt nem mindig lehet teljes mértékben megvalósítani. Ezek a hibák ritkán fordulnak elő a gyártás során, ezért szükség van utólagos minőségellenőrzésre. Általában ezek a hibák nem vezetnek strukturális, szerkezeti vagy szilárdsági változásokhoz, inkább esztétikai jellegűek, azonban előfordulhat, hogy az egyes vevők nem fogadják el az ilyen állapotú terméket.

3. A GÉPI LÁTÁS

A minőségellenőrzéshez az adatok számos forrásból származhatnak, például a vizuális információkból, bár az automata gépek esetében ez bonyolultabb folyamat. Azonban a gépi látás területe folyamatosan fejlődik és egyre szélesebb körben alkalmazzák. A gépi látás olyan folyamat, amikor képalapú információt, akár videót is, használunk bemeneti adatként, és ezt az adatot számítógépes feldolgozásnak vetjük alá. Ez a feldolgozás lehet egyszerűen az adatok gyűjtése és értékelése, de gyakran olyan döntési helyzeteket generál, ahol a számítógép mechanikus válaszokat hoz. Például, ha egy öntvény szériaszámának vizsgálata során a szám megegyezik az elvárttal, akkor a termék megfelelő ebből a szempontból, ha a szám eltér, vagy egy előírt határértéktől nagyobb mértékben tér el a szám formája, a rendszer azt selejtnek minősíti és eltávolítja a megfelelő darabok közül.

A gépnek a selejt kiválasztásához először egy betanítási folyamaton kell keresztül mennie, amely során több száz vagy akár ezer képen keresztül próbáljuk megtanítani a hibák észlelésére. A tanulási folyamat során a gép a képpontok kaotikus halmazában azonosít bizonyos ismétlődéseket, vagyis "mintákat". Ezek lehetnek például szériaszámhoz használt karakterek, vagy esetleg az egyes öntvényhibák jellegzetes vonásai. Ezek a minták számokból, színekből és pixelekből álló adatok olyan elrendeződései, amelyek gyakran ismétlődnek a vizsgálandó terméken. Ezt követően a gép képes lesz arra, hogy kiválassza az adott szériaszámától eltérő darabokat és eközben az öntvény felületét is vizsgálva megállapítsa, hogy nem tartalmaz olyan mértékű hibát, amely a leselejtezést indokolná.

A gépi látás teljes technikai folyamatot jelent a felhasználási cél eléréséig. Ennek elemei közé tartozik a képkövetés (általában kamerák és kiegészítők), a jelfeldolgozó egység (pl. videokártya), a szoftver (adatok értelmezésére), valamint a kommunikáció (megjelenítésre és diagnosztikára szolgáló kezelőfelület). A gépi látás fontosságát az adatmennyiség növekedése és a számítási kapacitások bővülése támogatja. Ez lehetővé teszi az olyan magas szintű szoftverek alkalmazását, mint a "mesterséges intelligencia" megoldások. A vizuális beazonosítás terén jelentős fejlődés történt, az egyszerűbb beazonosítási feladatoknál elérte a 100 százalékos pontosságot. [4]



2. ábra. Gépi látás felépítése [5]

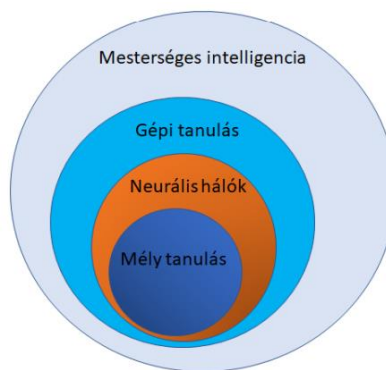
A gépi látás alkalmazásának fontosabb területei: [4]

- Minőségellenőrzés: Az alkatrészek, termékek vagy hegesztési varratok megfelelőségének vizsgálata az előírt paraméterek alapján.
- Modellezés: Tárgyak és épületek digitális modelljeinek létrehozása és rekonstrukciója a valóságban mért adatok alapján.
- Pozícionálás: Az automatizált rendszerekben lévő tárgyak vagy elemek pontos pozícionálása és elhelyezése a megfelelő helyre.
- Jelenségfelismerés: Különböző jelenségek, mint például betegségek vagy szerkezeti hibák azonosítása és feltárása a vizuális adatok alapján.
- Képi hasonlóság érzékelése: Azonosító kódok, például QR-kódok vagy vonalkódok azonosítása és értelmezése.
- Térérzékelés: A környezetben található tárgyak és elemek észlelése és azok térbeli pozíciójának meghatározása.

- Számlálás: Emberek vagy tárgyak számának meghatározása különböző környezetekben, például üzletekben vagy közlekedési útvonalakon.
- Objektumfelismerés: Különböző objektumok azonosítása és kategorizálása a vizuális adatok alapján.

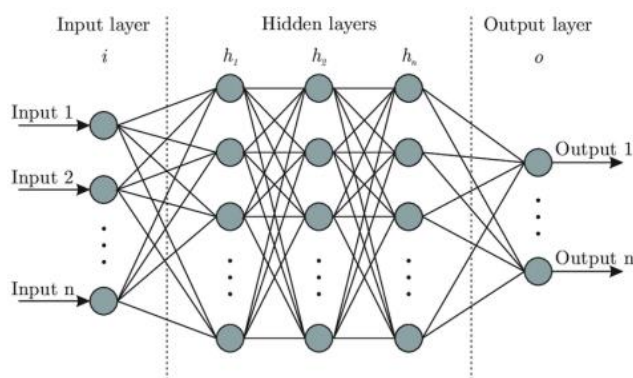
4. MESTERSÉGES INTELIGENCIA ALAPÚ KÉPFELDOLGOZÁS

A mai világban gyakran emlegetik a mesterséges intelligenciát, a gépi tanulást és a mély tanulást szinonimaként, anélkül, hogy tisztában lennének a tényleges különbségekkel. A mesterséges intelligencia általános fogalom, mely magába foglalja a gépi tanulást és a mély tanulást. A gépi tanulás képessé teszi a rendszert a nagy mennyiségű adat elemzésére és tanulására, gyakran neurális hálókat is alkalmazva, de nem minden esetben. A mély tanulás viszonylag új fogalom, melynek során mély neurális hálókat használnak a komplex feladatok megoldására. A képfeldolgozás terén gyakran előfordul, hogy a hagyományos látási módszerek mellett a tanuló látást is alkalmazzák, különösen a mély tanulási algoritmusok segítségével. A fogalmak közti kapcsolatokat és különbségeket jól illusztrálja az alábbi 3. ábra. [6]



3. ábra. MI alapú képelemzés [6]

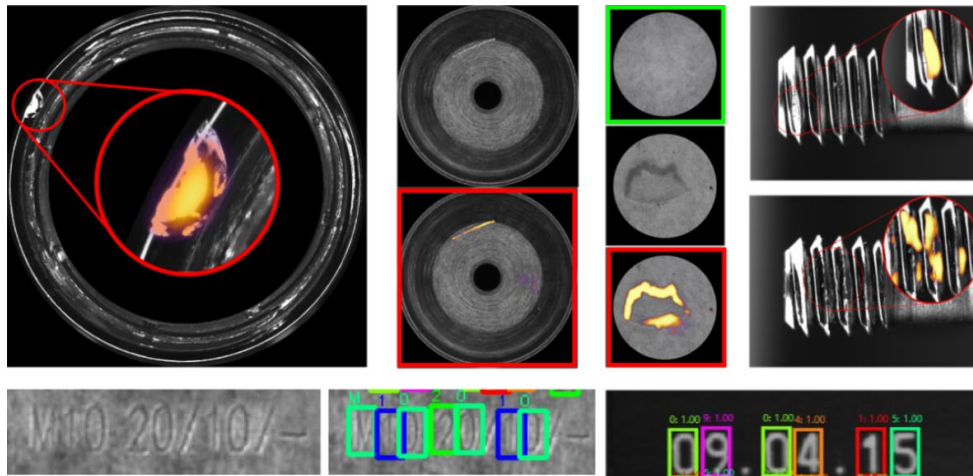
A rendszer felépülését tekintve egy neurális hálózat, strukturális egységei neuronokból és azok összekapcsolásaiból állnak. A hálózat felépítése során először a bemeneti réteget határozzuk meg, mely tartalmazza a tanulandó jellemzőket és közvetlen kapcsolatban van a bemeneti adattal. Ezt követi a rejtett réteg, amely a külső rendszerek számára nem látható. Végül a kimeneti réteg zárja a struktúrát. A mély neurális hálózatok különböznek ebben attól, hogy általában több rejtett rétegből állnak. A neurális hálók strukturális felépítését egy ábra segítségével szemléltetjük. [6]



4. ábra. Előrecsatolt neurális háló [6]

Az MI alapú Vision képfeldolgozó rendszer betanítása során az adatok előfeldolgozása az első lépés, amelyeket a rendszer képes értelmezni és címkézni. Ezek az adatok mintázatokat hordoznak, amelyekből a rendszer tanul, az algoritmusok optimalizálódnak az adatok megfelelő értelmezéséhez, ezáltal nem magára a hibára, hanem a hiba jellegére tud keresést végezni. A rendszer folyamatosan finomítja modelljét a jobb teljesítmény érdekében, és képes adaptálódni az új mintákra, azokat elfogadható, nem elfogadható és nem eldönthető csoportokba osztályozza. A nem eldönthető megfelelőesű darabokat egy szakértő manuálisan be

tudja osztani a megfelelő csoportba és rámutatva a döntés okára a rendszer a későbbiekben ezt is betanított mintaként fogja kezelni. Miután a betanítás befejeződött, a rendszer önállóan képes értelmezni és reagálni a képi adatokra valós időben. Az MI alapú Vision képfeldolgozó rendszer széles körű alkalmazási területeken hatékony megoldást nyújt ipari és egyéb környezetben.

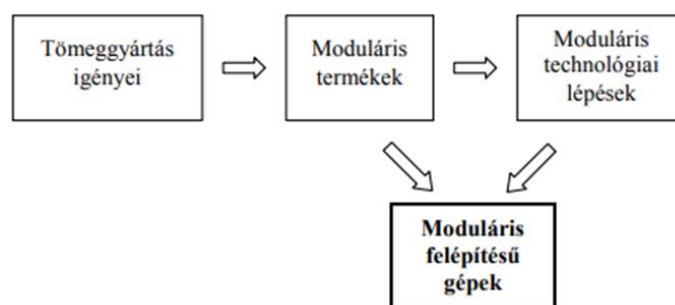


5. ábra. MI alapú képelemzés

Az MI alapú Vision alkalmazása érdekesebb olyan feladatok esetén, amelyek összetett mintázatokkal vagy változó környezeti feltételekkel járnak. Ezek a rendszerek képesek adaptálódni és tanulni az adatokból, ami nagyobb rugalmasságot biztosít. A hagyományos machine vision rendszerek hatékonyak lehetnek egyszerűbb, jól meghatározott feladatoknál, ahol a mintázatok statikusak és kevésbé változatosak. A mesterséges intelligencia alapú megközelítés előnyös lehet, ha az alkalmazás bonyolultabb jellemzőket, például alakzatokat vagy színeket kíván elemezni. Az ilyen rendszerek általában jobb teljesítményt nyújtanak a nagy adatmennyiség elemzése során és képesek kezelni az adatok közötti összetett összefüggéseket. A machine vision esetében a rendszer kisebb adatmennyiséget dolgoz fel, és gyakran előre definiált algoritmusokon alapul. A hagyományos Vision rendszer által okozott nagy hibaszázalék kiküszöbölésére a mesterséges intelligencia alapú Vision rendszer használata ideális megoldást nyújthat. Ennek alkalmazása révén a betanított képek alapján az adott hibákat pontosabban tudja észlelni, emellett kevésbé érzékeny a változó fényviszonyokra, az inhomogén felületekre és az esetleges becsillanásokra. A kiválasztás során fontos figyelembe venni a konkrét alkalmazás követelményeit és a rendelkezésre álló erőforrásokat.

5. MODULÁRIS RENDSZEREK TERVEZÉSE

A moduláris megközelítés lehetővé teszi a gépfejlesztő vállalatok számára, hogy standardizált modulokból építsék fel a gépeket, vagy saját tervezésű, folyamatosan fejlesztett modulokat alkalmazzanak a gépek összeállításához. Ennek hatékonysága és alkalmazhatósága főként azon múlik, hogy az egyes modulokat egyértelműen azonosítják és rendszerezett módon tárolják egy elemkönyvtár-rendszerben, amely lehetővé teszi a gyors keresést és a modulok rugalmas kombinálását a konkrét igényeknek megfelelően. Az elméleti megközelítések és a számítástechnikai eszközök fejlődése elősegíti a moduláris géptervezési rendszerek fejlesztését és alkalmazását, amely jelentős mértékben hozzájárulhat a hatékonyabb és rugalmasabb gépépítési folyamatokhoz. [7]



6. ábra. Moduláris felépítésű gépek fejlesztése [7]

A módszeres géptervezés során széleskörű, interdiszciplináris munkamódszerek alkalmazása jellemző, amelyek általánosan alkalmazhatók és nem igényelnek speciális szakmai ismereteket. A módszeres eljárások részeként kiemelkedő fontosságú a cselekvési ösztönzés, a határfelületek feltárása, az előítéletek feloldása, a változatok keresése és a döntések meghozatala. A feladatok megoldásához motivációra, perem- és kezdeti feltételek meghatározására, széleskörű megoldáskeresésre, optimális megoldások vizsgálatára és objektív döntéshozatalra van szükség. [7]

A feladat során ezeket az elveket úgy lehet megvalósítani, hogy egy olyan berendezést hozunk létre, amivel több feladat is elvégezhető, például különböző ülékek alkalmazásával több öntvény típus is betanítható a rendszernek, így egy esetleges átállás könnyen kivitelezhető a betanítással és az egyes modulok cseréjével. A szükséges modulok a következők: termék pozicionáló, képkészítő, termék továbbító és a selejt termék eltávolító modul. A képkészítő modulhoz felhasznált eszközök az alábbiak: kamera, objektív, világítás, képfeldolgozó algoritmus, melyeknél valós tesztek alapján kell meghatározni a szükséges eszközök típusát és az eszközök megfelelő elrendezését: egymástól és a terméktől mért távolságaik és szögeik.

6. ÖSSZEFOGLALÁS, KONKLÚZIÓ

A tanulmány célja, hogy egy moduláris felépítésű berendezés megtervezéséhez kapcsolódó irodalmi áttekintést végezve képet kapjunk arról, hogy milyen részekből kell felépülnie a célgépnak, ami el tudja végezni az ellenőrzési folyamatot. A munka során áttekintettük a különböző öntési hibák kialakulásának okait és azok jellemzőit. Beleástuk magunk a hagyományos és az MI alapú Vision rendszerek felhasználási területeibe.

A leírtakat összegezve belátható, hogy a hagyományos Vision rendszer inkább a megmunkált felületek méretellenőrzésére, a homogén felületen található hibák kimutatására használható. A MI alapú Vision rendszer tudja kezelni az öntött termékekre jellemző inhomogén felületet és az előforduló hibák jellege alapján tudja biztosítani a megfelelő minőségellenőrzést.

A szükséges információk birtokában elkezdődhet a rendszer felépítésének tesztelése, ahol különböző eszközöket kombinálva célunk egy olyan koncepció felállítása, ami markánsan el tudja különíteni a hibás és nem hibás termékeket.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Lukács S.: *Nyomásos öntészeti ismeretek*, Nemzeti Tankönyvkiadó.
- [2] Szalay Zs.: *Alumínium-szilícium öntvények porozitás-kimutathatóságának pontosság-növelése roncsolásmentes vizsgálati módszerek alkalmazása*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Tanszék, PhD. értekezés, Budapest, 2001.
- [3] *** <https://google.hu> képkeresés: "casting defects images" találatok (Utolsó letöltés: 2024. 02.22).
- [4] Benedek G.: *Computer Vision / Machine Vision: mit jelent a Gépi Látás, és mire lehet felhasználni?*, Lexunit, <https://lexunit.hu/blog/mit-jelent-a-gepi-latas-es-mire-lehet-felhasznalni/> (Utolsó letöltés: 2024. 02.18).
- [5] Javaid S.: *Top 5 Use Cases of Computer Vision in Manufacturing in 2024*, AI multiple, <https://research.aimultiple.com/computer-vision-manufacturing/> (Utolsó letöltés: 2024. 02.18).
- [6] Gaják T.: *Alkalmazott Mesterséges Intelligencia a képfeldolgozásban*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék, Diplomatervezés, Budapest, 2020.
- [7] Gotthard V.: *Moduláris felépítésű gyártósorok tervezésének elmélete és gyakorlata*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gép- és Terméktervezés Tanszék, PhD. értekezés, Budapest, 2008.