

**DEVELOPMENT OF THE MEASUREMENT
PROCESS BASED ON THE 5S****MÉRÉSI FOLYAMAT 5S ALAPÚ
FEJLESZTÉSE**FARKAS Gabriella¹ – TÓTH Georgina Nóra²**Abstract**

5S is a method that can eliminate the disarray, increase degree of order and therefore safety. It is an effective procedure used in a wide range of industrial environments to increase productivity and achieve occupational safety. It is a basic requirement to establish the work-place safe, which is not only focused on production or manufacturing areas, but also on entire activities, such as the establishment of laboratories and measuring equipment. In these areas, however, the safety and preservation of equipment and tools comes to the fore. In our article we would like to present a development plan for the use of high value measuring equipment using the 5S method. The primary goal is to investigate damage to the device, to discover the background of the damage and to develop the measure to protect it. For this reason it is important to choose the appropriate quality assurance methods and present the completed measurement protocol to minimize the number of problems occurring during measurement.

Keywords

5S, laboratory safety, quality improvement, measurement protocol, quality control tools

Absztrakt

Az 5S olyan módszer, amely megszünteti a rendetlenséget, növeli az átláthatóságot és ezáltal a biztonságot. Széles ipari környezetben hatékonyan alkalmazott eljárás a termelékenység növelésére és a munkabiztonság megvalósítására. A munkahelyi környezet biztonságossá tétele alapvető követelmény, ami nem kizárólag a gyártási területekre összpontosul, hanem a teljes tevékenységekre, így a laborok, mérőhelyek kialakítására is. Ezekben a területeken ugyanakkor a berendezések, eszközök biztonsága, állagmegóvása kerül előtérbe. Cikkünkben bemutatjuk egy nagyértékű mérőberendezés használatára kidolgozott fejlesztési tervet az 5S módszer alkalmazásával. Elsődleges cél az eszköz sérüléseinek kivizsgálása, a károkozások hátterének feltérképezése és védelmére tett javító intézkedések kidolgozása. Ennek érdekében a megfelelő minőségbiztosítási módszerek kiválasztása elengedhetetlen, továbbá bemutatjuk az elkészült mérési protokollt, hogy a lehető legkisebbre csökkentjük a mérés során bekövetkezett problémák számát.

Kulcsszavak

5S, laborbiztonság, minőségfejlesztés, mérési protokoll, minőségügyi módszerek

¹ farkas.gabriella@bgk.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0000-9881-7286 | senior lecturer, Óbuda University Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering | egyetemi adjunktus, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

² toth.georgina@bgk.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0007-7451-9322 | master lecturer, Óbuda University Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering | mestertanár, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

BEVEZETÉS

A Gyártástechnológiai Intézeti Tanszék oktatási profilját tekintve a gépészmérnöki tantárgyakra fókuszál. Ennek megfelelően számos laboratóriummal rendelkezik, amelyek a gyakorlatorientált oktatás megvalósulását teszik lehetővé, így a munkavédelmi és a biztonsági szempontok dominálnak. A mérés technika témakör nemcsak a gépészmérnök, hanem a mechatronikai mérnök és a biztonságtechnikai mérnök képzésben is megjelenik. Ugyanakkor a minőségellenőrzésnek fontos része a metrológia, így kutatási projektekben, TDK dolgozatokban, doktori tanulmányokban gyakran megjelenik önállóan vagy kiegészítő témaként. Ezen feladatok elvégzéséhez magas szinten felszerelt mérőgépek, berendezések, eszközök szükségesek. Ezek használata többnyire csak az adott mérési feladatok elvégzésére korlátozódnak. Alapvető elvárás, hogy a munkavédelem és a munkabiztonság szempontjából megfelelő környezet álljon rendelkezésre a személyes jelenlétű gyakorlatok lebonyolításához és a kutatási feladatok elvégzéséhez. Az Egyetem rendelkezik olyan szabályozási rendszerrel, amelynek célja az oktatók, a tanárok, a munkatársak és a hallgatók egészségének és biztonságának megóvása. Ezen szabályok betartása minden érintett számára kötelező, a munkabiztonsággal kapcsolatos ismeretek oktatása és felülvizsgálata rendszeres. Ezen túlmenően a korábbi években az egyes laboratóriumok biztonságosságának és ezen belül, elsősorban a rendezett és tiszta munkakörnyezet kialakításának növelése érdekében a Kar sokat tett. Kiemelendő a laborok rendszeres és dokumentált 5S alapú auditja, amely hatékonyan hozzájárult a munkahelyi környezet minőségi javulásához. A mérési folyamatok 5S alapú fejlesztése a különböző mérőeszközök esetében más és más. A különbözőségük miatt minden esetben egyedileg kell megvizsgálni, elemezni és új megközelítéseket alkalmazni. Tanulmányunkban ez a mérési eljárás a felületi érdességmérésre vonatkozik. Azon mikrogeometriai és mikrotopográfiai mérések, amelyek tudományos vizsgálatokhoz szükségesek a Mahr MarSurf GD120 felületi érdességmérő berendezésen valósulnak meg Intézetünkben. A berendezés használata és kezelése a szakmai ismereteken túl precizitást, odafigyelést és a mérési folyamat minden lépésének betartását igényli. Az érdességmérő berendezés legsérülékenyebb része a tapintószerkezet, a tapintótű, leggyakrabban előforduló meghibásodása pedig a tapintótörés. Ennek megfelelően az oktatói felügyelet ebben az esetben elengedhetetlen követelmény.

A felülettapintó érdességmérés során egy gyémántcsúccsal rendelkező tapintó halad végig a mérendő felületen, amely során vonalszerűen letapogatja a felület különböző hullámait és érdességeit. A mérés során felvett profilgörbékkel a szabványos 2D és a 3D paraméterek szoftver segítségével számíthatóak, így válik a felület kiértékelése teljessé válóvá. Mindezek alapján belátható, hogy az eszköz használatához elengedhetetlen a megfelelő hozzáértés és előismeret. Az alkalmazott tapintótű törését számos tényező előidézheti, de minden esetben a mérőszemély jelenléte elősegítheti vagy megakadályozhatja azt. A tapintó esetleges sérülése vagy törése esetén beszerzése magas költséget jelent és pótlásáig a mérőgép gyakorlatilag használhatatlan. Ezen nem kívánt esemény elkerülése érdekében fontosnak tartottuk a mérőgép biztonságának növelését, az előforduló meghibásodások csökkentését. A kockázatelemzés alapjait követve építettük fel vizsgálatainkat, amely felöleli a mérési folyamat egyes lépéseinek definiálását, a káros eseményeket azonosítását, azok okainak vizsgálatát, valamint olyan eljárások kidolgozását, amellyel ezek a kockázatok csökkenthetők vagy teljesen megszüntethetők, elsősorban a megelőzésre helyezve a hangsúlyt.

ALKALMAZOTT MINŐSÉGÜGYI MÓDSZEREK

Az 5S egy olyan megközelítés és eljárás, amelynek célja a munkahelyi környezet rendezett kialakításával a munkafolyamatok hatékonyságának növelése, a folyamatokban lévő észszerűtlenségek csökkentése, kiküszöbölése. A Toyota Termelési Rendszer (TPM) egyik alapja, amely mára nélkülözhetlenné vált az ipar minden szektorában. A módszert alkotó tevékenységek, egyben a megnevezésben található 5 japán kifejezés: seiri, seiton, seiso, seiketsu és shitsuke. [1] Ezek magyar megfelelői: szelektálás, elrendezés, takarítás, szabványosítás, szinten tartás. Az 5S arra a filozófiára épül, hogy a munkafolyamatok javítása elősegíti a hatékonyabb és biztonságosabb munkavégzést, ezáltal a termelékenységet növeli, a veszteségeket csökkenti. Leegyszerűsítve tehát, a környezet rendben tartásával a munkavégzés biztonságosabbá és ezáltal hatékonyabbá válik. [2]

Az eljárás első eleme a szelektálás (Seiri), amely a munkavégzéshez szükségtelen tárgyak eltávolítására összpontosít. A válogatási folyamatban döntéseket kell hozni a munkavégzéshez szükséges, szükségtelen, talán nem szükségtelen tárgyokról. Ezen tevékenységen belül nemcsak a munkahelyi területek felszabadítása történik meg, hanem a hiányosságok, rendellenességek felmérése is.

Az elrendezés (Seiton) tevékenység a munkavégzéshez szükséges eszközök, gépek, berendezések hatékony elhelyezésére, tárolására fókuszál. Az elrendezés kialakításánál ügyelni kell a jól látható – könnyen és gyorsan elérhető – és visszatehető elvek betartására. Ez láthatóan már a munkafolyamat egyes mozzanatainak megértését és hatékony megszervezését igényli. A 5S módszer alkalmazása a csoportmunkán alapul, melynek kiemelkedő jelentősége van ebben a folyamatlépésben. Eredményképpen körvonalazódik a munkaterület, az abban lévő tevékenységek, mozdulatok. Az elhelyezések megvalósításához a címkézés, színkódolás, számozás, különböző grafikai elemek alkalmazása szükséges.

A tisztítás, takarítás (Seiso) lépésen belül történik a berendezések, eszközök, szerzők tisztításának, karbantartásának elvégzése. Olyan rendszer kidolgozás szükséges, amely hosszútávon biztosítja az eszközök rendelkezésre állását, épségét és megfelelő működését. Törekedni kell a munkaterület és az ahhoz tartozó tárgyak rendszeres ellenőrzésére, az esetleges változásokra, amelyek valamilyen rendellenességre utalhatnak, mint pl. szivárgás, sérülés, rossz beállítás.

Seiketsu, a szabványosítás. Célja, az első 3S lépésben elért eredmények fenntartása és folyamatos javítása. A rend, a tisztaság és a módszeresség folyamatossá tétele, a jó gyakorlat szabványosítása. Ebben a lépésben kell elkészíteni és kialakítani egy eljárásrendet a fenntartáshoz, amely tartalmazhat szemléket, ellenőrzéseket, értékeléseket, elismeréseket.

Shitsuke, a szinten tartás megvalósítása. Ez tulajdonképpen a fegyelmezett magatartást és morált jelenti a 4S megvalósításában. Elengedhetetlen alapja a megfelelő kommunikáció kialakítása, a feladatok, hatáskörök meghatározása. Ebben a folyamatlépésben történik a sikeres 5S bevezetés alapjául szolgáló vizuális tájékoztatási eszközök tervezése, készítése, elhelyezése. [2]

A helyes 5S-t megvalósító vállalat általában magas termelékenységgel (P), jó minőséggel (Q), alacsonyabb költségekkel (C), pontosabb szállítással (D), magas biztonsággal (S) és magas morállal (M) rendelkezik. Ez a hat előny a következő rövidítéssel ismert: PQCDSM. A termelékenység fejlesztés dimenziói:

- Termelékenység: a tervezett termelési célok elérése.

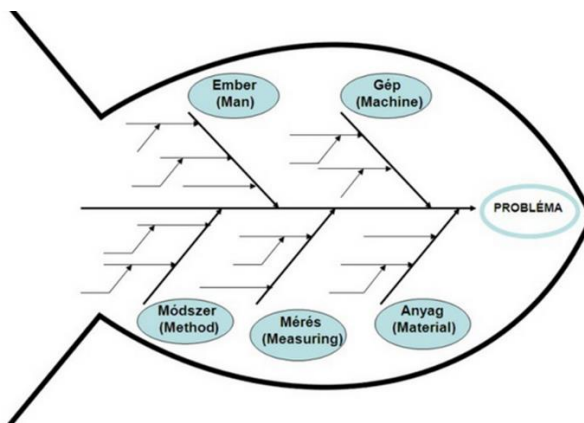
- Minőség: a termék és a folyamat minőségének javítása.
- Költség: a ráfordítási, karbantartási, javítási költségek csökkentése.
- Szállítás/határidő: a szállítási célok megismerése.
- Biztonság: a munkahelyi biztonság fenntartása.
- Morál/közszellem: a munkahelyi morál javítása, magasabb szintre emelése. [3, 4]

Összefoglalva a folyamat lépéseinek teljesítése nagy mennyiségű munkát igényel, ugyanakkor a befektetett erőforrások rövid idő alatt megtérülnek. Ipari, termelési környezetben az 5S módszer alkalmazásával csökkenthetők az átállási idők, a hibák, a keletkező hulladék, a késedelmes teljesítések, a munkahelyi balesetek, a meghibásodások. Mindezek hatalmas költségmegtakarítást jelentenek, a munkaszervezési folyamatok hatékonyságának javulása mellett. A munkaterületek biztonságos és ergonomikus kialakítása elősegíti a munkahelyi egészségvédelmet és biztonságot. Az eljárás megfelelő kialakítása, bevezetése mellett rendkívül fontos annak folyamatos fejlesztése, melynek alapja a rendszeres felülvizsgálat.

Gyökérok elemzés módszere

A minőségügyben alkalmazott minőségtechnikák különbözőképpen csoportosíthatók attól függően, hogy milyen területen, milyen célra, milyen eredmények elérése érdekében alkalmazzák. Közös jellemzőjük, hogy alkalmazásuk csoportmunkán alapul. A problémamegoldás területén az úgynevezett hét régi, egyszerű minőségtechnika ismeretes, amelyek szisztematikus alkalmazásával a problémák nagy része megoldható, ezáltal a folyamatok javításában van nagy szerepük. A kockázatelemzés területén a minőségügyi eljárások a három egymást követő lépéshez rendelt alkalmazhatóak, ezek: kockázatazonosítás, kockázatelemzés és kockázatértékelés. A gyökérok elemzés (Root Cause Analysis) hatékony módszer a kockázatok elemzésének elvégzése során. Célja az okok feltérképezése és elemzése, az okok kapcsolatrendszerének megismerése, amely iránymutató a hibák előfordulásának csökkentésében és újbóli előfordulásuk megakadályozásában. Többféle minőségtechnika alkalmazható gyökérok feltárására, ezek közé tartozik az Ishikawa-diagram, a fa-diagram, az 5Miért? módszer stb.

Az egyik legelterjedtebb ok-okozati elemző módszer mindezek közül a halszáлка-diagram, vagy más néven Ishikawa-diagram, melyet Dr. Kaoru Ishikawa 1943-ban publikált. Célja, hogy egy adott problémában szerepet játszó okokat feltérképezze. Az ehhez alkalmazott diagram leginkább egy hal testfelépítésére hasonlít, innen ered a halszáлка-diagram elnevezése. Az 1. Ábrán látható grafikus megjelenítése miatt könnyen átlátható és értelmezhető. A megfelelő eredmény érdekében a csoportmunka ebben az esetben szükséges, hiszen a probléma vagy hiba létrejöttét széleskörűen feltérképezni úgy lehet, ha minél több szempontot, megközelítést figyelembe veszünk. Ezt úgynevezett keresztfunkcionális csoportösszetétel alkalmazásával lehet elérni, amely azt jelenti, hogy a csoport minden tagja más-más megközelítésből szemléli, elemzi az adott problémát. Így biztosítható a teljeskörű analízis. Az ok-okozati elemzés során meghatározásra kerülnek azok az okok, amelyek kapcsolatban állnak a következő elemekkel: ember, gép, módszer, mérés, környezet stb. [5]



1. Ábra: Halszálka-diagram, saját szerkesztés.

Az egyes kategóriákban fellelhető okokat a brainstorming módszer alkalmazásával kell meghatározni. Ezen úgynevezett főokok kerülnek az első szintre. Ezek további elemzésével folytatódik az alokok feltérképezése. A témával foglalkozó szakirodalmak többnyire az 5Miért? illetve az 5W+2H módszer alkalmazását javasolják. [6] A halszálka diagram általában más folyamatjavítási, -fejlesztésben ismeretes módszerekkel együtt hatékony, mint például a hibamód és -hatáselemzés, a különböző problémamegoldó módszerek (8D, A3). Eredményét tekintve hátránya, hogy nem mutatja a különböző kategóriákban lévő okok egymáshoz való viszonyát, kapcsolatát. [7]

A FELÜLETI ÉRDESSÉGMÉRÉS FOLYAMATÁNAK ELEMZÉSE

A felületi érdeességmérés során a tapintótű törése meglehetősen gyakori. Mivel ez egy régóta fennálló probléma, igen nagy hangsúlyt kell fordítani annak megoldására. A probléma feltérképezéséhez elengedhetetlen a mérőgépet használó személyek véleményének, tapasztalatainak megismerése. Vizsgálatainkban azon oktatók és hallgatók véleményének megismerése és értékelése történt, akik az elmúlt időszakban használták a berendezést. Az oktatói felügyelet az első néhány mérés során, valamint a beoktatás során jellemző. Mindezek mellett a mérőgép használatára vonatkozó előírás, használati útmutató nem áll rendelkezésre, amely komoly probléma a tapasztalatlan mérőszemélyek esetében. A mérési folyamat teljeskörű elemzése és vizsgálata azért fontos, mert a felületi érdeességmérés első pillanatától az utolsóig működésben van a tapintótű. Egy apró figyelmetlenség is komoly problémákhoz vezethet, amely eredménye lehet a tű sérülése. A nem kívánatos esemény – esetünkben a tapintótű sérülése, törése – létrejöttében szerepet játszó tényezők teljeskörű vizsgálatához ki kell terjeszteni az elemzést a mérési folyamatról a mérőgép közvetlen környezetére és a laborban alkalmazott szabályokra, szokásokra.

Célkitűzéseink között szerepelt a felületi érdeességmérés kockázatainak csökkentése, a mérési folyamat javítása, a problémák csökkentése és a gép környezetére vonatkozó ajánlások kidolgozása az 5S módszer elvei alapján. Ezen szempontok alapján végeztük el az állapotfelmérést és annak dokumentálását. A Mahr Perthometer Concept mérőberendezés (2. Ábra) a koordináta méréstechnika laboratóriumában található. Az eszköz márványasztalon van elhelyezve, használaton kívüli állapotban portól és szennyeződéstől védeni

szükséges. A felületi érdességi paramétereket tartalmazó táblázat a mérést végző segítségére szolgál. A mérőeszközhöz tartozó számítógép kizárólag a méréshez szükséges szoftvert és adatokat tartalmazza. A mérőhely és annak környezete összességében jó állapotúnak minősíthető, a rendezettség megfelelő.



2. Ábra: Felületi érdességmérés környezete, saját szerkesztés.

A mérőhely közvetlen környezetének vizsgálati alapját az 5S módszer első lépésének szempontjai adták. A mérőhely és annak asztalán csak a méréshez elengedhetetlen tárgyak lehetnek. Ennek megfelelően a méréshez szükséges elemek meghatározása történt meg a mérőhely közvetlen környezetében. A könnyebb áttekinthetőség érdekében a felsorolt tárgyakat táblázatos rendszerbe rendeztük, amely a továbbiakban akár az ellenőrzések során is felhasználható (1. Táblázat).

Ssz.	Megnevezés	Méréshez szükséges?	Megfelelő helyen van?
1.	felületi érdességmérő berendezés	igen	igen
2.	számítógép és hardver eszközök	igen	igen
3.	paramétertáblázat (Mahr)	igen	igen
4.	instrukció alapvető mérési beállításokhoz	igen	nem
5.	csavarok, alkatrészek	nem	nem
6.	forgácsoló szerszámok	nem	nem
7.	fóliazsák	igen	igen
8.	íróeszközök	igen	nem

1. Táblázat: Szelektálás adatfelvétele a mérőhely környezetéről, saját szerkesztés.

A felmérés során megállapítottuk, hogy sok olyan tárgy található a mérőgép közvetlen környezetében, amelyeket a mérések során nem szükséges használni vagy egyáltalán nem tartoznak a mérőeszközhöz. Nem használt, régi alkatrészek, szerszámok, esetlegesen

szemét sok esetben akadályozza vagy lassítja a megfelelő (szükséges) eszközök, szerszámok megtalálását. Zárható dobozban tárolt eszköz kevésbé jellemző, továbbá a meglévők nem megfelelően feliratozottak. Gyakorlatilag a megfelelő eszközök kiválasztása azon alapul, hogy általában hol találjuk. Az egyedi mérések esetében azonban komoly kockázatot jelent a használatnak, ha nem a megfelelő tapintótű, alkatrész, szerszám kerül alkalmazásra, ezzel kockáztatva a biztonságos mérés megvalósítását. Fontos megemlíteni azokat az alkatrészeket, melyek a géphez tartozó pótalkatrészek. A Mahr cég által gyártott gépek saját hatáskörben nem szerelhetők, javíthatók. Ugyanakkor a mindennapi munka során előfordulhatnak olyan apró állapotmegóvási céllal alkalmazott karbantartási feladatok melyek megengedettek. Pl. a mérőasztal csúszásának megakadályozását elősegítő csavarok kicserélésére. Akadnak ellenben olyan eszközök is melyek sérülékenyek még sincsenek megfelelő körülmények között tárolva. A rendezettség kialakításának érdekében az 5S módszer minden lépéséhez meghatároztuk azokat a feladatokat, amelyek elősegítik a jelenlegi állapot javítását.

- 1S – szelektálás: A mérőberendezéshez és a mérési folyamathoz tartozó eszközök összeállítása. Ezen listában méréshez szükséges, vagy feltételesen szükséges elemek vannak felsorolva. A formai kialakításnak lehetővé kell tennie, hogy bármely mérőszemély könnyen és gyorsan ellenőrizhesse, hogy az előírtaknak megfelelő eszközök rendelkezésre állnak. A mérőhelyhez tartozó fiókos rekeszek tartalmáról fényképes piktogramok felhelyezése javasolt. Így már kinyitás nélkül kívülről is láthatóak a benne lévő elemek. Minden egyéb eszköz, alkatrész, szerszám, munkadarab stb. eltávolítása következik a mérőhely rendezettségének kialakítására.
- 2S – elrendezés: A mérőgép kialakítása meghatározott, csak azok az elemek tárolását kell megoldani, amik a különböző mérési feladatok miatt más-más eszközt igényelnek, így a tapintótű, a mérendő munkadarab felhelyezésére és rögzítésére szolgáló alkatrészek, a kalibrálási folyamat elvégzéséhez szükséges etalonok. A mérőasztal tehát alap állapotban üres, minden más a méréshez szükséges darabot a mérőasztal fiókjai tartalmazzák. A szelektálás befejezése után az egyes darabok jól elkülöníthető módon, tárolódobozokban, feliratozva, fényképpel ellátva tárolandók. A mérőeszköz tapintói és a tapintó felszereléséhez tartozó szerszámok elhelyezése a megfelelő információ tartalommal erre a célra kialakított formázott szivacsbetétekben történjen.
- 3S – tisztítás: a mérések többnyire forgácsolással megmunkált felületeken történik. A munkadarabok fémek vagy műanyagok. A mérendő felületet minden esetben meg kell tisztítani az esetleges forgácsdaraboktól, ezért előfordul, hogy a mérőhely forgáccsal szennyezett. A mérőgép és az alkatrészasztal tisztítására és a mérőeszköz megfelelő tárolására vonatkozóan készül egy karbantartási előírás, ami minden esetben kötelező.
- 4S – Szabványosítás: Az egyes dokumentációk kidolgozásánál törekedtünk az egyszerűségekre. Ennek alapvető oka, hogy az 5S rendszer bevezetésével nem célunk a mérési folyamat lassítása, esetleges akadályozása, a túlzott adminisztráció. A vizuálmenedzsment egyes elemei nagyon hatékonyan alkalmazhatók ilyen esetekben.
- 5S – Szinten tartás: Az elért rendezettség és annak szisztematikus betartása csak úgy valósítható meg, ha a mérőszemélyek minden esetben megismerik a szabályokat. Így a mérőeszköz oktatásánál az 5S rendszer elemeire is ki kell térni. Továbbá

a rendszeres ellenőrzés növeli a rendezettség hosszútávú fennmaradását, amelynek felelőse a laborvezető.

Az 5S rendszer alapján kidolgozott ajánlások nagy mértékben növelhetik a mérések hibamentességét, biztonságosságát és hatékonyságát, amelyekkel minimalizálhatók vagy elkerülhetők a környezeti hatásokból adódó hibák. Alkalmazásuk könnyen, gyorsan kivitelezhető és költséghatékony.

Felületi érdességmérés folyamata és elemzése a tapintótörés szempontjából

A felületi érdességmérő berendezés használatának folyamatát 23 lépésben határoztuk meg, amelyek alapvetően az alábbi három fő szakaszra osztható:

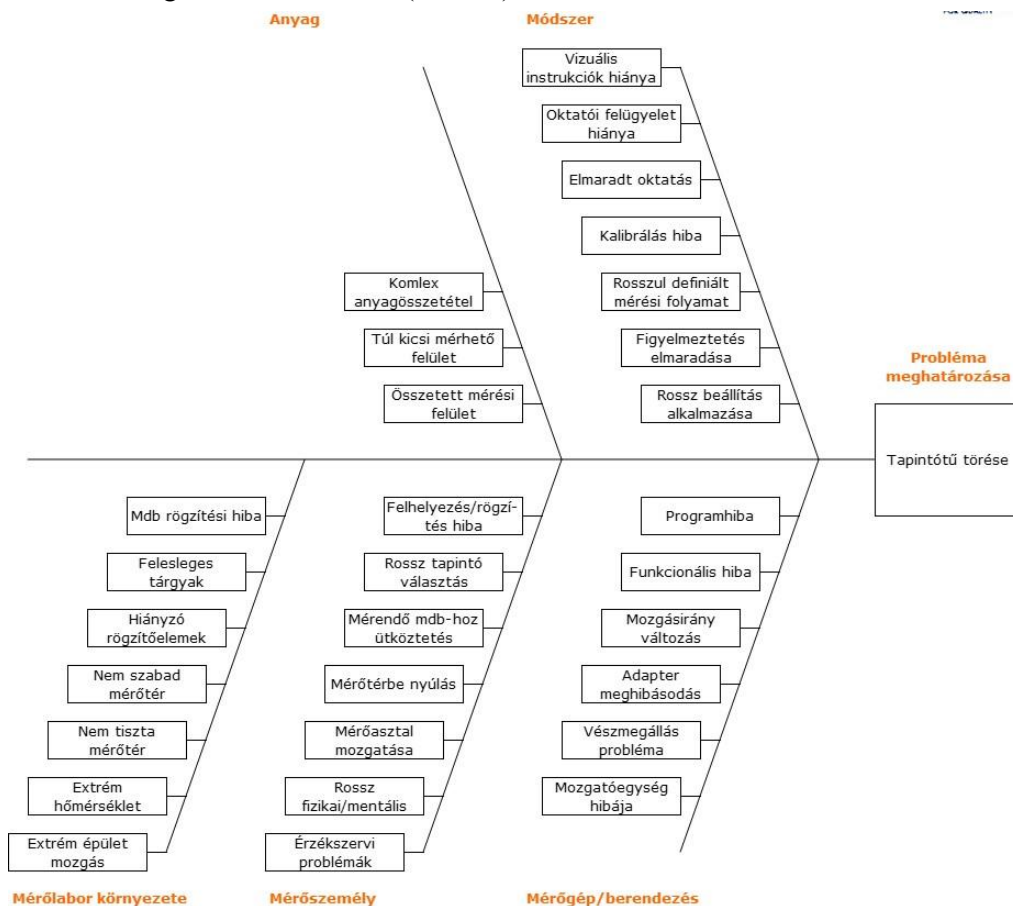
- A mérés előkészítése (mérőhely, mérőberendezés, mérendő alkatrész).
- Mérés (beállítási feladatok, programkezelés).
- A mérés befejezése (mérőgép lezárása, mérendő alkatrész eltávolítása, mérőhely).

Az első szakaszban a mérés előkészítése történik meg, amely magában foglalja a mérőeszköz és annak környezetének szemrevételezéssel történő ellenőrzését, a takarófolia eltávolítását, valamint a munkadarabasztal előkészítését. Attól függően, hogy milyen típusú érdességmérés következik, a méréshez megfelelő tapintó kiválasztását és beszerelését kell elvégezni. A munkadarab mérendő felületét meg kell tisztítani és a megfelelő pozícióba fel kell helyezni. A mérés megkezdése előtt az ellenőrzés elengedhetetlen, mely során meg kell győződni a tapintó és a munkadarab megfelelő helyzetéről, az ütközés elkerülése érdekében.

A következő folyamatszakasz a mérések elvégzése. A Mahr Perthometer Concept működése számítógépes programmal segített. A rendelkezésre álló programok alkalmasak a felület 2D-s és 3D-s érdesség vizsgálatára. A szoftver magyar nyelven is elérhető, így a mérőszemély lépésről lépésre elvégezheti a műveleteket és a mérési eredmények kiértékelését is. A kritikus lépések ebben a szakaszban a referenciapontra járatás és a tapintótű felületre helyezése. Ez nagy figyelmet és óvatosságot kíván meg a mérőszemélytől. A mérőgép kezelő program lehetőséget ad az automatikus a tapintásra, ezzel a tapintó csúcsa a mérendő felületre fekszik fel. A mérési paraméterek beállítása során lehet kiválasztani az előfutást, a tapintás hosszát és az utánfutást. Szükséges meggyőződni arról, hogy a beállított mozgásokhoz elegendő hely áll rendelkezésre majd, ezt követően indítható a mérés. Amennyiben a mérőtű elő- vagy utánfutásához nincs elegendő hely, két megoldás alkalmazható. Az egyik, hogy a mérendő felületet más helyről közelítjük meg, a másik, hogy az előfutás lehetőségét kikapcsoljuk. A rendkívül érzékeny szerkezet miatt a tapintótű képes felvenni az épület vagy a mérőasztal rezgését, lengését, és azt a mérés során a felületre rámásolni, amellyel a mérés pontossága, precizitása torzul. Ezért a mérés ideje alatt az asztalhoz érni vagy azt mozgatni tilos.

A mérés befejezése során elkészíthető a mérési jegyzőkönyv és kiemelhető a tapintó biztonságos magasságba. Az alkatrésztartó asztal kihúzása során ügyelni kell arra, hogy az alkatrész biztonságosan eltávolítható legyen. Ezután a tű horizontális visszahúzása következik pozitív irányba, azaz az alkatrésztartó asztallal ellentétesen. A mérőgép leállása automatikusan történik, a mérőszemély feladata a tapintó kiszerelese és alaphelyzetbe állítása. A mérőhely környezetét a tisztaság és a biztonság szempontjait szem előtt tartva megfelelő módon kell lezárni.

A gyökérok elemzés alapját az előbb ismertetett folyamat adta. Az elemzés során a folyamat minden egyes lépését megvizsgálva rögzítettük a lehetséges okokat, majd azokat halszálka-diagramban ábrázoltuk (3. Ábra).



3. Ábra: Tapintótű törésének ok-okozati elemzése, saját szerkesztés.

Az elemzéshez meghatározott kategóriák jól illeszkednek a felületi érdességmérés folyamatához, melyek: anyag, módszer, környezet, személy, berendezés voltak. A mérőberendezés és a program esetleges hibája potenciális okként szerepel, de jelentőségét tekintve nem meghatározó, ugyanis az ilyen jellegű problémák bekövetkezésének valószínűségét a program biztonsági funkciói minimalizálják. Az egyes kategóriákon belül felvett okok vizsgálata során arra a megállapításra jutottunk, hogy a mérőszeméllyel kapcsolatos problémák nagy jelentőséggel bírnak a tapintó törésének bekövetkezésére. A mérés módszerének és a labor környezetének kialakításához emberi beavatkozás szükséges, úgyhogy bár külön kategóriába tartoznak, összefüggés tapasztalható a mérést végző személlyel. Elemzéseink alapján, melyhez figyelembe vettük az elmúlt évek tapasztalatait is, arra a következtetésre jutottunk, hogy a probléma előidézésében szerepet játszó okok között a legnagyobb befolyással az emberi tévedés, mulasztás, figyelmetlenség, esetlegesen szándékosság áll. A kutatómunkánk további részében tehát erre összpontosítottunk.

JAVASLATOK A PROBLÉMA MEGOLDÁSÁRA

A felületi érdességmérés ok-okozati elemzés összhangban állt a korábbi időszakban tapasztaltakkal és egyértelműen kijelenthető, hogy az emberi tényező áll első helyen a probléma leggyakoribb okai között. A következő lépésben sorra vettük azokat a megoldási lehetőségeket, amelyek csökkenthetik a tapintó törését befolyásoló tényezőket és több szempont alapján a mérési protokoll kidolgozása mellett döntöttünk. A mérési protokoll célja, hogy a felület érdességmérő gépen történő mérés menetét bemutassa, kiemelje azon kritikus pontokat, ahol fokozott figyelem szükséges, és ezeken a pontokon információt és tanácsot nyújtson a hibák megelőzésére, elkerülésére. Összeállításakor fontos szempont volt, hogy odafigyeljünk annak szerkezetére, könnyű értelmezhetőségére. Egy átlátható, jól követhető folyamatleírás hathatós segítséget jelenthet minden felhasználó számára. Javaslataink a kidolgozásra vonatkozóan a következők voltak:

- A folyamat egyes lépéseit leíró folyamatábra értelmezhetőségét jól látható, könnyen értelmezhető ábrák, képek segítsék. A kritikus lépéseknél figyelmeztető jelzések jelezzék a felhasználó számára a hibázás elkerülésének módját. A fontosnak vélt információkat kiemelése szükséges, például a „FONTOS!” vagy „FIGYELEM!” feliratok elhelyezésével.
- A jellegzetes mérési folyamatokra, mint például a forgácsolt felület mikrogeometriai vagy topográfiai mérése, általános útmutató készült, amely a számítógépen megtalálható. Tekintettel arra, hogy a mérőeszközt nem csak magyar nyelvű hallgatók is használhatják, ezen leírások angol nyelven történő biztosítása is szükséges.

A folyamatjavításban alkalmazott minőségügyi módszerek nagyon hatékonyak lehetnek, ha a célnak megfelelően alkalmazzuk. A mérési folyamat elemzése és a tapintó törés okainak kivizsgálására alkalmazott halszálka diagram jól illusztrálta, hogy az emberi figyelmetlenség minimalizálásával sok esetben kiküszöbölhető a probléma. A folyamatábra hathatós segítséget nyújtott a mérési folyamat részletes megismerésében és irányt mutatott a kritikus lépések meghatározásában. A rendezett környezet kialakítása és fenntartása pedig jó alapot szolgáltat a javasolt intézkedések meghozatalára. Annak érdekében, hogy az ember által okozott hibákat visszaszorítsuk, a mérőgépen méréseket végző személyek oktatására nagyobb hangsúlyt kell fektetni. Jelenleg a program kezelésére szolgáló útmutató áll rendelkezésre, amely elsősorban az egyes beállítások jellemzőire fókuszál. A gép használatát megelőző oktatóanyag nem elegendő a megfelelő szaktudás elsajátításához. Szükség van ezen túlmenően bővebb oktatási segédletre, melyeket nem csak biztosítani kell, hanem számon is kell kérni valamilyen formában. Egy olyan segédlet, amely az előzetes oktatást alapul véve elmélyíti az egyéni tudást. Továbbá, melyben maga a gép használata sokkal körültekintőbben részletezett, a gyakorlati mérések menetét erősíti és a hibák elkerülését hangsúlyozza.

ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünkben azt problémát elemeztük, amely az Intézményünkben található Mahr Perthometer Concept felület érdességmérő gép tapintóegységének meghibásodására vonatkozik. Vizsgálataink céljai között szerepelt a tapintó töréséhez vezető hibák, hibaokok feltárása, továbbá ezek kiküszöbölésére tett javaslatok kidolgozása annak érdekében, hogy a mérési folyamatot biztonságossá és hibamentessé tegyük, a mérés során bekövetkezett

problémák számát csökkentjük. A mérés folyamatát lépésről lépésre elemezve megállapítottuk a lehetséges okokat, amelyek a tapintó töréséhez vezethetnek. Majd kidolgoztunk javaslatokat, amelyekkel megelőzhetőek, csökkenthetőek vagy megszüntethetőek, egyzsersmind biztonságossá tehetőek a mérések. Az 5S módszer hatékony a rendezett környezeti kultúra kialakításához, ezért célravezető a labor környezetének javításához ezen módszer alkalmazása. A mérési folyamatok egyedi azonosítására is van lehetőség saját profil létrehozásával. Ezen belül egyedi mérési beállítások, jegyzőkönyvformátumok készíthetők, a szoftver automatikusan naplózza a mérések időpontjait. Ahhoz, hogy mindig a megfelelő programot és annak beállításait használja a felhasználó elengedhetetlen, hogy pontosan megismerje a mikrogeometriai (2D) illetve a mikrotopográfiai (3D) mérési eljárásokat. A folyamat kritikus lépéseinél a mérőszemély hibázási lehetősége mindig megjelenik. A mérőszemély képzetlensége, tapasztalatlansága, figyelmetlensége meglehetősen sok veszélyt hordoz magában. Ez az a terület, amire különös figyelemmel kell lenni. A használat előtti oktatásra és segédlet kidolgozására nagyobb hangsúlyt kell fektetni. Továbbá a mérési protokoll kidolgozása és alkalmazása folyamatos segítséget nyújt a mérés során is. E két fejlesztési terület hatékonyan segít a tapintó törések elkerülésében. A mérőlabor használatára kidolgozott 5S rendszer elősegíti a mérőgépek és tartozékainak biztonságosságát, egyben biztosítja az átláthatóságot és az ellenőrizhetőséget. Költséghatékony megoldás és mindemellett elősegíti a súlyos károkozás bekövetkezésének csökkentését is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] D. F. Gomes, M. P. Lopes, and C. Vaz de Carvalho, “Serious Games for Lean Manufacturing: The 5S Game”, *IEEE revista iberoamericana de tecnologias del aprendizaje*, vol. 8, no. 4, pp. 191–196, Nov. 2013, doi: 10.1109/RITA.2013.2284955
- [2] M. Jiménez, L. Romero, M. Domínguez, M. Espinosa, “5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school”, *Safety Science*, vol. 78, pp. 163–172, Oct. 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>.
- [3] A. Mittal, P. Gupta, V. Kumar and C. Chun Ki Chan, “The application of quality control circle to improve the PQCDMS quality parameters: a case study”, *International Journal of Productivity and Quality Management*, vol. 40, issue 1, pp. 102–119, Sept. 2023, doi: <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2023.133422>
- [4] L. Liliana, “A new model of Ishikawa diagram for quality assessment”, In: 20th Innovative Manufacturing Engineering and Energy Conference (IManEE 2016), IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 161 012099, doi: 10.1088/1757-899X/161/1/012099
- [5] B. Neystani, “Seven Basic Tools of Quality Control: The Appropriate Techniques for Solving Quality Problems in the Organizations”, *Quality Problems in the Organizations*, pp. 1–10, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2955721>
- [6] V. M. Magar and Dr. V. B. Shinde, “Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Processes”, *International Journal of Engineering Research and General Science*, vol 2, issue 4, pp. 364–371, June-July 2014, ISSN 2091-2730
- [7] M. Agrawal, “Impact of Ishikawa on the analysis of data in mechanical industries”, *Materials Today: Proceedings*, vol. 81, part 2, pp. 1040–1045, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.376>.