

Szakdolgozat

Horváth Tamás Bence
Gépészmérnöki szak

Gödöllő
2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnöki Szak

**Ziegler típusú sajtos tallérekészítő gép sütőlapjának
rekonstrukciós tervezése**

Belső konzulens:	Dr. Kári-Horváth Attila egyetemi docens
Külső konzulens:	Dr. Korzenszky Péter Emőd okl. mg. gépészmérnök, élelmiszer- minőségbiztosítási szakmérnök
Készítette:	Horváth Tamás Bence BAJYU8 Nappali tagozat
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet

Gödöllő
2025



Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Gépgyártó specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Horváth Tamás Bence (BAJYU8)

részére

A szakdolgozat címe:

Ziegler típusú sajtos tallérekészítő gép sütőfelületének rekonstrukciós tervezése

Feladatkiírás:

Bevezetés, szakirodalom feldolgozás, problémabemutató, lehetséges konstrukciós megoldások, konstrukció kiválasztása, Ansys Workbench hőelemzés vizsgálat, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

Külső konzulens: *Dr. Korzenszky Péter Emőd* okl. mg. gépészmérnök, MATE Műszaki Intézet

Belső konzulens: *Dr. Kári-Horváth Attila*, egyetemi docens, MATE Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2025. november 04

Gödöllő, 2025. szeptember 08

Jóváhagyom


(tanszékvezető)

(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2025. 10.02.


(külső konzulens)

Tartalom

1. Bevezetés	6
2. Szakirodalom feldolgozás	7
2.1 Élelmiszeripari gépek fontossága, felépítése.....	7
2.2 Élelmiszeripari szabályok (HACCP).....	10
2.3 Élelmiszerbiztonsági követelmények.....	12
2.4 Kenőanyagok, adalékok az élelmiszeripari gépekben	13
2.5 Élelmiszeriparban használt anyagok	16
2.6 Sütőlap szerepe az ipari sütési folyamatokban	19
3. Probléma bemutatás	22
3.1 A ZIGLER-típusú sajtos tallérekészítő gép működése	22
3.2 A sütőlap jelenlegi állapotának bemutatása	23
3.3 A sütőlap jelenlegi konstrukciójának problémái	24
4. Rekonstrukciós tervezés.....	26
4.1 Hibafeltárás és a gép szerelése	26
4.2 Sütőlap anyagának ellenőrzése	31
4.3 Lehetséges új konstrukciók.....	34
4.4 A továbbfejlesztett konstrukció	37
5. Készüléktervezés.....	39
6. Szimulációs vizsgálat Ansys Workbench segítségével.....	42
6.1 A sütőlap felmelegedésének vizsgálata.....	44
6.2 A sütőlap kihűlésének vizsgálata	45
6.3 Ansys Workbench szimulációs diagramok.....	47
7. Összefoglalás	49
8. Summary	50
9. Nyilatkozatok.....	51

10. Felhasznált irodalom.....	55
11. Mellékletek jegyzéke	59
12. Mellékletek	60

1. Bevezetés

A Föld lakossága dinamikusan növekszik. Napjainkban már átlépte a 8 milliárd főt. Ez a szám sok területen okoz nehézségeket az energiaellátástól kezdve egészen a környezeti problémáig. Nagyon fontos külön kiemelni az élelmiszerellátás kérdését. Ez az egyik legnagyobb orvosolandó probléma. Hogyan leszünk képesek a jövőben ekkora mennyiségű élelmiszert előállítani? Mindezt megfizethető áron.

Szükségessé vált az élelmiszerfeldolgozás folyamatának felgyorsítása és a kapacitás növelése. Ennek eredményeként megjelentek az élelmiszeripar minden egyes területén a különböző automata élelmiszer gyártó gépek. Az automatizált élelmiszergyártás egyik előnye, hogy nagyon gyorsan képes nagyon sok terméket előállítani. Ebből kifolyólag az egyébként nagyon drága gyártósorok költségei számtalan terméken eloszlanak, ezért azok darabra leosztott gyártási költségei alacsonyan tudnak maradni. A legtöbb áruházakban kapható élelmiszer, valamilyen feldolgozó egységből származik. Nézzük például a toast kenyeret. A keresletnek megfelelő darabszámban és minőségben lehetetlen lenne csupán emberi munkával előállítani, főleg, ha figyelembe vesszük, hogy egyforma megjelenésű legyen a legtöbb kenyér. Ezt a mennyiséget csakis gyárakban, automatizált gyártósorokkal lehet megvalósítani.

Szaktervezésemben egy Ziegler típusú sajtos tallérvégkészítő gép rekonstrukciós tervezésével foglalkoztam. A feladat során áttekintettem a szükséges hazai és nemzetközi szakirodalmakat. Kitértem a legfontosabb élelmiszeripari szabványokra és élelmiszerbiztonsági követelményekre. Ismertettem az élelmiszeripari gépek fontosságát, felépítését, a gépekben használt kenőanyagokat, adalékokat. Bemutattam az élelmiszeriparban használt anyagokat, és kiemelttem a sütőlap fontosságát az ipari termelésben.

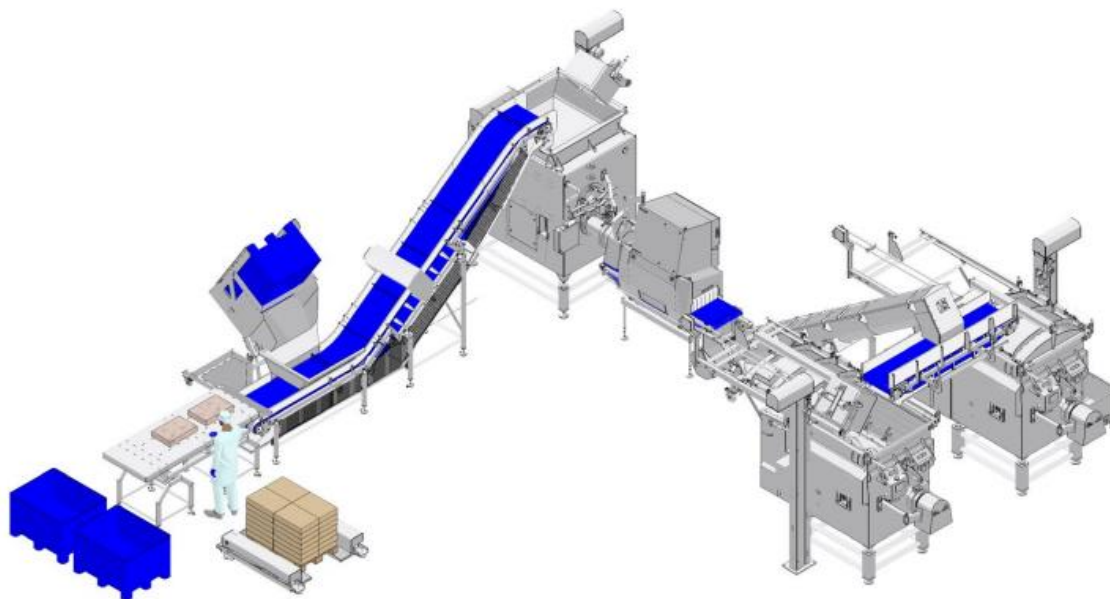
A tallérvégkészítő gép rekonstrukciós tervezése során a sütőlappal foglalkoztam. Célom a meglévő sütőlap vizsgálata, meglévő hibáinak feltárása és egy új, más anyagból készült konstrukció megtervezése. Kezdetnek Brinell keménységvizsgálatot végeztem, melyből jobban megismertem az eredeti konstrukció anyagtulajdonságát. Utána az általam választott új anyagból a sütőlapra CAD dokumentálást és végelelem vizsgálatot végeztem. A szükséges 3D-s modelleket és műszaki rajzokat Autodesk Inventor szoftver segítségével készítettem el, míg a végelelemes szimulációkat az Ansys Workbench programban futtattam le. Kívánok vizsgálatokat végezni és bemutatni a régi és új anyag közti különbségeket, előnyöket és hátrányokat.

2. Szakirodalom feldolgozás

2.1 Élelmiszeripari gépek fontossága, felépítése

Az élelmiszeripari berendezések közé sorolunk olyan gépeket és eszközöket, amelyek segítségével a különböző alapanyagokból, összetevőkből biztonságos és jó minőségű élelmiszereket lehet előállítani, miközben az ételek tápanyagtartalmukat megtartják [10]. A berendezések lehetnek egyedüli gépek is, mint például egy különálló húsdaráló, vagy akár teljes integrált sorok [37] (2.1. ábra), amelyek a friss vagy fagyasztott, nagyméretű húsokból kész, fűszerezett és betöltött virsliket, különböző húskészítményeket, felvágottakat állítanak elő. Ebben a sorban például biztosan megtalálható több hőkezelő egység, hűtő és fűtő berendezés, daráló és keverő egységek, adagoló és szállítórendszer, illetve a töltő szerkezet.

2.1. ábra Egy élelmiszeripari gyártósor [37]



Az élelmiszeripari berendezések kulcs szerepet játszanak az általunk nap mint nap fogyasztott ételek elkészítésében. Életbevágó fontosságú, hogy az élelmiszeripari előállító vállalatoknak magas színvonalú, tartós anyaghasználatú, hatékony, termelékeny, jó minőségű és könnyen karbantartható berendezései legyenek, hogy az általuk gyártott termékek, ételek magas minőségét és biztonságos fogyaszthatóságot biztosítani tudják [2].

Az élelmiszeripari gépek egyik, ha nem a legfontosabb tulajdonsága, hogy egészségügyileg biztonságos, emberi fogyasztásra megfelelő termékeket legyenek képesek előállítani [2]. A

rosszul megtervezett vagy karbantartott berendezések az ételek szennyeződését, egyes fertőzések kialakulásának, illetve azok terjedésének a kockázatát is eredményezhetik, emellett minőségi problémákat is tudnak okozni.

Az automatizált, nagy gyártási kapacitással rendelkező berendezések nagy előnye, hogy az egyes gyártási lépések között kevés idő telik el, melynek hatására a rajtuk áthaladó élelmiszereket nagy mennyiségben és azonos minőségben lehet előállítani, kevesebb hulladékkal, több feladat párhuzamos elvégzése mellett, mint a kézzel történő feldolgozás során. Ez különösképpen a könnyen romló termékek feldolgozásánál elengedhetetlen.

Épp ezért, a gépek felépítését oly módon kell megtervezni, hogy a karbantartási és tisztítási munkálatok elvégzése ne okozzon bonyodalmat, személyzet azt problémamentesen el tudja végezni. Ellenkező esetben akár bakteriális fertőzések is elszabadulhatnak a berendezésben, mint például a szalmonella, ami kisebb repedésekben, résekben könnyen kialakulhat [2]. Ez a vásárlók megfertőződését okozhatja, ami a gyártó imázsára nagyon rossz fényt vethet. A jól megtervezett élelmiszeripari berendezést könnyű tisztítani és fertőtleníteni. Olyan alapanyagokat használ, amelyek biztonságosak, nem lépnek reakcióba más anyagokkal, korrózióval, valamint nem jut be semmiféle anyag az élelmiszerbe [48].

A gyakori karbantartásigény miatt könnyen karbantartható berendezést kell tervezni. Azok az alkatrészek, amelyek esetleg egy hagyományos gyártó berendezésben még akár évekig működhetnek, az élelmiszeripari berendezésben gyakorta cserére szorulhatnak, hogy az ételbe jutó szennyeződések mértékét minimalizálni lehessen [48]. Ezek különböző kopó alkatrészek, kések, pengék, hengerek, tömítések, szűrők, csapágycsukók, fűtőelemek lehetnek [2].

A berendezés felépítése során, főként a modernebb eszközök esetében, a tervezés részét képezi a gyártásközi ellenőrzési pontok kiépítése, amelyek a hibás, gyenge minőségű, esetleg nem biztonságos termék előállítását igyekszik megakadályozni [2]. Például adott esetben az ételmassza sűrűségének, viszkozitásának mérésére, vezetőképességének vagy hőmérsékletének mérésére lehet eszközöket beépíteni a rendszerbe.

Élelmiszer-feldolgozó géptípusok [10]:

- Mosó berendezések: Nyers alapanyagok tisztítására használják. Eltávolítják a földet, port, vegyi anyagokat, mikroorganizmusokat és egyéb szennyeződések. Például zöldség- és gyümölcsmosó gépek, valamint hústisztító berendezések.
- Szárítógépek: Az élelmiszerek víztartalmának csökkentését végzik, hogy növeljék azok eltarthatóságát. Például levegőáramú, centrifugális és fagyasztva szárítók.
- Hámozó gépek: Nyersanyagok héjának, külső rétegének eltávolítására használják. Alkalmazásuk: gyümölcsök és zöldségek, diófélék, magvak hámozása. A hámozás történhet mechanikai vagy akár gőz-, víz- illetve vegyi úton is.
- Daráló és formázó gépek: Nedves vagy száraz nyersanyagok őrlésére, alakítására használják. Például a húsdaráló, gabonaőrő, tészta és snackformázó gépek.
- Szeletelő gépek: Élelmiszerek például hús, sajt, kenyér vékony szeletekben történő vágására, kockázására, aprítására használják. Gyors, pontos és egyenletes szeletek készítése, kiváló termelési hatékonyság mellett. Például: Hússzeletelő és kenyérszeletelő gépek.
- Keverő és verőgépek: élelmiszerek összekeverésére, homogenizálására, illetve különböző állagok kialakítására használnak. Például a tésztakeverő, húskeverő sütemény és tojásverő gépek.
- Főző és szűrő gépek: A főzés, valamint az összetevők szűrése elengedhetetlen sokféle termék előállításánál. Élelmiszerek hőkezelésére, összetevők tisztítására, szétválasztására használják. Tea és különböző főző edények, kávéfőzők és vízszűrők.
- Szortírozó gépek: A nyersanyagok komponenseinek szétválasztására, élelmiszerek osztályozására, válogatására használják. Ide tartoznak mechanikus szortírozó gépek, válogatóasztalok, súly alapú szortírozók.
- Hűtő és fagyasztó gépek: Az élelmiszeriparban gyakran használatos alapanyagok lehűtésére, fagyasztására, a frissesség és minőség, eltarthatóság meghosszabbítására használják. Ilyenek a mobil hűtő egységek és a különféle fagyasztószekrények.
- Keverő és mixelő gépek: Az élelmiszerek összetevőinek egységesítésére, összekeverésére, mixelésére használják.

2.2 Élelmiszeripari szabályok (HACCP)

Az élelmiszeripari cégek működése során a vásárlóerő termék iránti bizalmának megtartása érdekében biztosítani kell a minőséget és a biztonságos élelmiszereket. Mivel a tét nem csak a szóban forgó cégek megélhetése, hanem vásárlók tömegének egészsége is, ezért csupán ennyi motiváció nem elég a biztonságos ételek garantálására [22]. Ezért jöttek létre államilag vagy területileg kötelezően alkalmazandó jogszabályi hátterek, szabványok, amit a különböző szabványügyi szervezetek dolgoztak ki. Ezek az előírások részletesen leírják, hogy miként kell az adott élelmiszerkategóriát kezelni, a minőségét biztosítani, ellenőrizni, és mikor nem felel már meg az előírásoknak [36]. Ez életet menthet, járványokat állíthat meg, megelőzhet gyártói visszahívásokat.

Az élelmiszeripari szabályozások már az alapanyag forrásától kezdve hatályosak. Ebbe beleértendő a gabona termesztési módja, az alkalmazott szerek, az állatok etetési módszere és a táplálékuk fajtája stb. Ezért ezek a szabályok nem csupán a feldolgozóiparra vonatkoznak, hanem az összes, kapcsolódó iparágra is, mint például a szállítmányozás.

Néhány szabályozó szerv [7]:

- FDA (Food and Drug Administration): Az USA-ban található felelős szerv. Az élelmiszeripari biztonságért, minőség ellenőrzésért és engedélyezésekért felel, beleértve a fertőtlenítési, csomagolási és címkézési eljárásokat, folyamatokat is.
- USDA (United States Department of Agriculture): Ez a szerv felel az USA-ban az állati eredetű alapanyagok, húsok, tejtermékek és egyéb mezőgazdasági termékek előállításáért.
- EFSA (European Food Safety Agency): Gyakorlatilag az Európai Unió FDA-ja, mivel ugyanazon feladatokat látja el.
- NÉBIH (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal): Magyarországon az élelmiszerbiztonságért, az élelmiszeripari termékek ellenőrzéséért, az élelmiszerek minőségéért felelős. Fontos szerepe van az élelmiszerlánc minden egyes szakaszában.

A HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), magyarul veszély elemzés és kritikus ellenőrzési pontok módszere egy olyan rendszer, amely az élelmiszer életútját követi az alapanyagtól a fogyasztásig, „a termőföldtől az asztalig” az ételektől származó betegségek megelőzésében [22] [7]. A HACCP az 1970-es években alakult ki, majd az 1980-as években

kezdték el felkarolni különböző élelmiszerbiztonsági szervezetek, majd az 1990-es években kezdett el beépülni például az EU-s direktívákba [21].

A HACCP (2.2. ábra) egy kockázatelemző rendszer, egy optimalizálási eszköz, amelyet az élelmiszerbiztonsági előírások teljesítéséhez önmagában, vagy egy nagyobb rendszer részeként is lehet alkalmazni, talán hasonlóan, mint a mindenki által hallásból ismert 5S munkaszervezési módszer vagy annak cégenként eltérő, kiterjesztett formái. A HACCP alkalmazása Magyarországon minden élelmiszer előállító és forgalmazó számára kötelező, aki az élelmiszerláncban részt vesz, legyen az bolt, étterem, cukrászda, csokigyár vagy bármely más élelmiszeripari szereplő [29] [25].

2.2. ábra A HACCP-rendszer felépítése [34]



A HACCP mozaikszó értelmezése [29] [30]:

1. Veszély: Veszélyelemzés, a veszélyforrások feltárása, gyakoriságuk dokumentálása
2. Analízis: Kritikus ellenőrzési pontok (CCP), a veszélyekre vonatkozó ellenőrzési pontok meghatározása.
3. Kritikus határértékek: Szabályozási módszerek, melyek betartásával a veszély csökkenthető.
4. Ellenőrzés / Monitorozás: A veszélyforrások kezelésére szolgáló eljárások részletes kidolgozása és bevezetése.
5. Pontok: A HACCP rendszer hatékonyságát ellenőrző pontok létrehozása, majd dokumentálása.

2.3 Élelmiszerbiztonsági követelmények

Az élelmiszerbiztonsági követelmények határozzák meg hogy az élelmiszereket, akár kategóriákra bontva is, milyen módon lehetséges vagy kell kezelni, előkészíteni, tárolni annak érdekében, hogy az ételekből származó betegségeket megelőzzék. A WHO (Egészségügyi Világszervezet) 5 pontot fogalmazott meg a megfelelő ételkészítés és tárolás követelményrendszer felállítására érdekében [47]:

- Az ételek tisztaságának megőrzése, szennyeződések elkerülése.
- A nyers és a főtt, hőkezelt ételek elkülönítése annak érdekében, hogy a nyers ételek ne szennyezzék be a már hőkezelt ételeket.
- A főzési és egyéb hőkezelési folyamatokat úgy kell megtervezni, hogy az megfelelő ideig és hőmérsékleten történjen, biztosítva ezzel a baktériumok, vírusok elpusztítását.
- Az ételek tárolási hőmérsékletének megfelelő szinten tartása.
- Tiszta víz és megbízható forrásból származó alapanyagok felhasználása.

2.3. ábra Az FDA általános élelmiszerbiztonsági lépés [44]



Az FDA általánosan előírt 4 lépés (2.3. ábra) betartása jelentősen befolyásolni tudja a folyamaton áthaladó étel biztonságosságát [44]. A végfelhasználók számára nagyon fontos javaslat, hogy a romlandó ételeket tartsák hűtőben, és néhány nap alatt fogyasszák el, míg a fagyasztott élelmiszereket maximum egy éven belül [43] [23]. A hűtőszekrény hőmérsékletét mindig +4,4 °C alatt, míg a fagyasztó hőmérsékletét mindig -17,7 °C alatt kell tartani [12].

A követelményeket szabványok írják elő, mint például az ISO 22000, amely előírja az élelmiszerbiztonsági rendszer működését az élelmiszerfeldolgozó vállalat számára [38]. Az EU ajánlást fogalmazott meg, hogy az ISO 22000 minősítéssel rendelkezzen minden működő élelmiszeripari vállalat, a tudatos és követhető feldolgozás, a biztonságos élelmiszerfogyasztás érdekében. Ezen elv mentén tette kötelezővé az allergének kiemelését 2014-től [42], nem sokkal azután, hogy egy nő életét vesztette egy termék nem jelölt szezám-mag tartalma miatt [40].

2.4 Kenőanyagok, adalékok az élelmiszeripari gépekben

Az ipari berendezések közelében, ha végigsétál az ember szinte bármilyen automatizált gyáron, a legtöbb esetben érezhető, látható legalább kismértékű hidraulikaolaj, hűtő-kenő folyadék, vagy hasonló gépi folyadékok szivárgása. Ezek az anyagok elengedhetetlenek a gépek zavartalan működéséhez és az ipari folyamatok gördülékenységéhez. Ezek bizonyos mértékben az élelmiszeriparra is hatással vannak. Az összetett mechanikai mozgások végzéséhez, különösen nagy terhelések mellett elengedhetetlen a kenés, ami a súrlódás csökkentésére, és a gépek élettartamának növelésére szolgál. Ennek következtében a szivárgások előfordulása szinte minden esetben tapasztalható [46] [26].

Az élelmiszeriparban, bár elvárás a szigorú higiénia, előfordulhat az olajok, kenőanyagok minimális jelenléte, találkozhatunk a gyártási és feldolgozási folyamatok során ezekkel az anyagokkal. Természetesen csak olyan módon, hogy azok ne érintkezzenek közvetlenül az élelmiszertermékekkel vagy biztonságos módon forduljanak csak ezek elő [18]. Az élelmiszerbiztonság növelésére kifejezetten az élelmiszeripar számára fejlesztett kenőanyagok alkalmazhatók [46].

Az élelmiszeripari kenőanyagoknak ugyanazon funkciókat kell ellátnia, mint bármilyen más kenőanyag: védelem a kopás, korrózió, súrlódás és oxidáció ellen, esetleg hőelvezetés. Összeférhetőnek kell lenniük a gumi- és más tömítőanyagokkal [46]. Nem lehet fiziológiai, biológiai hatásuk, szagtalannak és íztelennek kell lenniük. Az élelmiszerekkel, vízzel való kapcsolat során nem csökkenhet az alkalmazhatóságuk. Külön nehézségeket okoz a kenőanyag koszolódása, például egy kukoricaliszt malomüzem esetén, mivel a keletkező por nagyon finom, és szűrni is nehéz. Húsfeldolgozó üzemekben például a magas gőzképződés miatt sok

víz kerülhet a kenőanyagba, ezért egyes üzemek akár 15 térfogat százaléknyi víztartalmat is tapasztalhatnak a felhasznált olajban [46]. A kenőanyag szennyeződésének egy további nézőpontja a fertőződés gombákkal, penészgombákkal vagy baktériumokkal. Ez a probléma a más iparágban is fennáll, de érthető okokból az élelmiszeriparban még súlyosabb gondokat okozhat.

Jelenleg az EU-ban még nincs egy olyan korlátozó rendelkezés az élelmiszeripari kenőanyagok tekintetében, mint például, amit már az Egyesült Államok-ban alkalmaznak. Ennek ellenére az EFSA fogalmaz meg ajánlásokat. A jelenlegi gyakorlat szerint az USA-ban elfogadott kenőanyagokat alkalmazzák az EU-n belül is [18]. Nemzetközi szinten az ISO 21469 szabványnak való megfelelés egy minősítést jelent, amely gyakorlatilag azt jelenti, hogy a gyártás teljes folyamata alatt a gyártó üzem eléri, hogy a termékei annyira higiénikus eljárással készüljenek, hogy ezáltal minimálisra csökken a szennyezés kockázata [24]. Ez a minősítés önkéntes alapú, nem kötelező, azonban nemzetközileg elismert. A kenőanyagok típusait és alkalmazási formáit írja le, az élelmiszeriparban, és azon túl is, például a szépségipari cikkek, állateledelek vagy dohánytermékek esetében. A minősítés meglétét előírhatják, kötelezővé tehetik állami szervek, amelynek hiányában a gyártó például nem értékesítheti termékeit, azonban ez sajnos még csak nagyon kevés államban tették kötelezővé, az EU-ban például még csak opcionális [18].

Minden kenőanyag saját engedélyezőkóddal rendelkezik, amely az FDA oldalán bármikor elérhető. Ezeket a termékeket az USDA különböző kategóriákba sorolta, amelyek eredetileg a H1, H2 és H3 kategóriák voltak. Ezek jelentése [46]:

- H1: Olyan élelmiszeripari kenőanyagok, amelyeket az élelmiszerfeldolgozás területén alkalmazhatnak, és van némi esély arra, hogy kapcsolatba kerüljön az élelmiszerrel.
- H2: Olyan élelmiszeripari kenőanyag, amely a berendezésekben olyan helyen kerül alkalmazásra, ahol nincs esély az étellel kapcsolatba kerülnie.
- H3: Olyan élelmiszeripari kenőanyagok, főként fogyasztható olajok, amelyeket korróziógátlóként alkalmaznak, például húskampókon, szállítóeszközökön.

Mivel az étellel való érintkezés lehetőségét megítélni nehéz, ezért sok gyártó inkább a H1 típust választja a H2 helyett [46].

A megfelelő kenőanyagbiztonság legfontosabb mérföldkövei már a tervezőasztalon kerülnek lefektetésre [26]. A kenésre szoruló egységeket, mint például csapágyakat, láncokat igyekeznek

a tervezők olyan távolra helyezni az élelmiszertől, hogy azok ne kerülhessenek kapcsolatba velük. A karbantartáskor használt szerszámokat használat előtt fertőtleníteni kell, és csak ez után szabad alkalmazni. A karbantartási munkálatok elvégzése után alapos takarítás szükséges a gyártás újrakezdése előtt. A felesleges, túlzott mennyiségű kenőanyagot le kell törölni. A megfelelő szerszámokat szabad csak alkalmazni az adott feladatra (2.4. ábra) [35].

2.4. ábra Kenőzsír adagoló szerszám alkalmazása élelmiszeripari berendezésen [35]



Az élelmiszeriparban a sütés vagy más, erős hevítés esetében az élelmiszer, tészta a sütőlaphoz, hevítő felülethez történő letapadása komoly problémát okoz a gyártás során. Ezt megelőzendő, különböző letapadás gátló adalékokat, bevonatokat alkalmaznak a felületen. Ezek egyrészt segíthetik a termék leválását a felületről, másrészt a korróziótól is védhetik a hevítő felületet [33], [41].

Többféle tapadásgátló adalék érhető el a piacon, amelyek akár nagyon eltérőek is lehetnek egymástól. Ilyenek lehetnek például a nagyrészt hőálló olajok, de akár a nem hőálló olajok is, amelyek egy szenesedett filmréteget alkotnak a hevítő felületen [41]. Ideális esetben a folyamatos sütéskor, mikor a termelés megy, nagyon kevés leválasztó adalékra van szükség, mert a létrejött filmréteg megmarad, sőt lassan növekszik is.

Ezek a leválasztó adalékok nagyrészt valamilyen növényi zsírból készülnek (pálmazsír, kukorica zsír, viaszok, parafinok, stb), amelyet gyakran lecitinnel kezelnek a kristályosodás ellen [45]. További adalék a leválasztó bevonatokban a leválás javítók (például foszfátok), emulgeálók (például gliceridek), savak (aszorbinsav, acetát) [33].

A leválasztó anyagok közül kutatások alapján a legjobbak a szaturáltabb rövidláncú zsírsavak, amelyek a legkisebb tapadási erőt, és a legkevesebb odaragadt anyagdarabokat eredményezték

ipari sütési körülmények között. A vizsgálatot elvégezték több, különböző alapanyagú sütőlapon is, ugyanazon receptúrával készült tészta segítségével [45]. A felhasznált adalékok alapján megállapítást nyert az is, hogy összességében a hőállóbb zsiradékok, valamint a rövid molekulaláncú zsírsavak vezetnek leginkább előre a sikeres leválasztó adalékok esetében. Más kutatások azt állapították meg a viaszos leválasztó anyagok esetén, hogy a rövid molekulaláncú zsírsavak segítik megtartani a tészta nedvességét, ezáltal könnyebb leválasztást eredményezve [41]. Megállapították, hogy még egy adalék hasznos lehet például húsok sütése esetén, a tészták esetében gyakorlatilag haszontalan lehet ugyanaz. Ilyen például az emulgeálószeres savas leválasztók.

2.5 Élelmiszeriparban használt anyagok

Az élelmiszeripari folyamatokban nem csak a különböző, elsőre is veszélyesnek tűnő anyagokkal kell foglalkozni, mint például a kenőanyagok. Minden olyan anyag és eszköz, amihez az élelmiszer hozzáérhet, amivel kontaktba kerülhet, szennyezheti az élelmiszert. Migrációnak nevezik mikor az élelmiszerbe kémiai szennyezésként anyag kerül a vele kapcsolatba lépő felületekről [32], [27]. Ezzel a problémával a hobbi DIY projektekre nyitott, műszaki érdeklődésű személyek egy jelentős része, beleértve magamat is, találkozhatott, amikor felmerült, hogy a 3D nyomtató segítségével nyomtatható PLA alapanyagból, a közhiedelem szerint biológiailag lebomló, biztonságos mivolta miatt élelmiszerekkel kapcsolatba kerülhető tárgyakat készítek, például süteményszaggató formát. Sőt, a PETG alapanyag majdnem ugyanaz, mint a PET palack! Akkor abból is biztosan lehet ilyen eszközöket készíteni, igaz? Nos, a helyzet nem ilyen egyszerű. Az talán a laikus számára is egyértelmű, hogy a rétegvonalakba beülő szennyeződések nagyon nehéz eltávolítani, vagy nem is lehetséges, így leginkább egyszerhasználatos eszközöket lehetne így nyomtatni. Azonban a fő probléma, hogy az FDM eljárásban messze legelterjedtebb bronz alapanyagú fűvókából kémiai úton anyag, többek között ólom válik ki, migráció történik a 3D nyomtatott alapanyagba, amelyből már könnyedén az ételbe tud jutni [19].

A migráció jelentkezhet az élelmiszerek előkészítésénél, tisztításánál, szállításánál, feldolgozásánál vagy akár a csomagolásánál is egyaránt [11]. A migráció bekövetkezésének lehetőségét befolyásolja a hőmérséklet, az érintkezés időtartama és a migrációra hajlamos

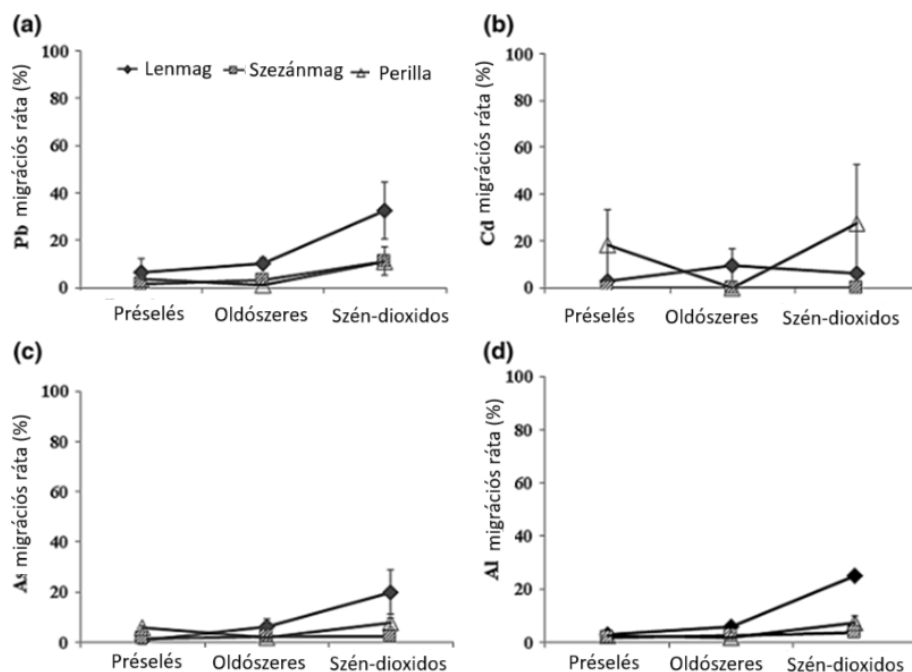
anyag kémiai tulajdonságai [32]. Vannak úgynevezett inert anyagok, amelyekből nem jellemző a megfelelő minőség esetén a migráció, vagy annak mértéke nem veszélyes. Ilyen például a rozsdamentes acél, az üveg és a kerámia. A csomagolóanyagok esetében például a papír, kartonpapír vagy műanyagok képesek akár a külső szennyezéseket is bevezetni az élelmiszerbe. Például kimutatták, hogy a papírcsomagolású száraz termék külsejére helyezett tinta képes beemigrálni a termékbe [32], [17].

A vizsgálatok során nem ételt, hanem egyszerűsített kémiai összetételű étel szimulánsokat alkalmaznak, amelyekben sokkal könnyebb kimutatni a migráció jeleit. Létezik vízbázisú (hidrofil), zsíros (lipofil) ételek vagy ezek kombinációjára (amfifil) alkalmas szimuláns típus is [32], [27].

Az élelmiszerfeldolgozásban a leginkább kerülendő szennyezőanyagok a nehézfémek. Ez többek között az ólom (Pb), kadmium (Cd), arzén (As) és alumínium (Al). Ezen szennyezőanyagok élelmiszerekbe való jutását több kutatás is vizsgálja [17], [16]. Az élelmiszeripari alapanyaggyártás során rengeteg olyan eljárás van, ahol szinte elkerülhetetlen ezen anyagok bekerülése az élelmiszerekbe. Az eljárásokat kutatások hasonlítják össze (2.5. ábra).

Az étellel érintkező anyagok migrációs tulajdonságai miatt ezek alkalmazását a világ számos területén korlátozás alá vették. Az EU-n belül alkalmazásban állnak a teljes EU-ra vonatkozó, valamint az egyes államokra vonatkozó lokálisabb szabályozások is. Az első közös szabályozást 1976-ban vezették be, és a szabályozási rendszer azóta folyamatosan bővül. Az EC 1935/2004 szabályozás az alapja a közösségi irányelveknek minden élelmiszerrel érintkező anyag és berendezés esetén [27].

2.5. ábra Az ólom (a), kadmium (b), arzén (c) és alumínium (d) migrációs mértéke a növényi olajok kinyerésére alkalmazott különböző módszerek esetén [16]



A szabályozások ma megkülönböztetik az anyagokat az alapján, hogy tervezés szerint milyen módon érintkeznek az étellel [1]:

- Folyamatosan kapcsolatban vannak vele, mint például a csomagolóanyagok teljes kategóriája.
- Nincsenek folyamatos kapcsolatban, de biztosan kapcsolatba kerülnek vele. Ezek például az evőeszközök, poharak.
- Anyagok, amelyek nincsenek kapcsolatban az étellel, azonban jogosan várható, hogy ez megtörténik, például az asztal felülete, konyhaszekrény felülete vagy a hűtőszekrény polcai.
- Anyagok, amelyek nincsenek kapcsolatban az étellel, de jogosan várható, hogy migrációt hajthatnak végre rajtuk, mint például a zacskóba csomagolt müzli külső kartonpapír borítása.

Az étellel kapcsolatba kerülő anyagok nem veszélyeztethetik az emberi életet és egészséget. Nem változtathatják meg hátrányosan az étel minőségét, ízét, illatát, vagy megjelenését. A felhasználót is tájékoztatni kell arról, hogy az adott anyag alkalmas az étellel szembeértéssel. Ehhez az Európai Unióban a már ismerős pohár és villa piktogramot használják (2.6. ábra) [27].

2.6. ábra A pohár és villa piktogram jelzi, hogy az anyag biztonságos az élelmiszerek számára [27]



Az alkalmazható alapanyagok esetében minden engedélyezett anyagra meghatározásra került, milyen mértékben és formában használhatók fel. Az élelmiszerek csomagolása, fogyasztása, feldolgozása és előkészítése során is elkerülhetetlenül találkoznak különféle anyagokkal, mint polimerek, gumik és kemény műanyagok, rozsdamentes acélok, üvegek és kerámiák. A műanyagok esetén például foglalkozik a szabályozás a 3D nyomtatásból is ismert PLA, azaz politejsav anyaggal is. Alapvetően a polimerekre az OML értéket (overall migration limit, összes migrációs limit) határozták meg irányadónak az alkalmazhatóság leírására. Ez általánosságban 60 milligramm minden kilogramm élelmiszere (mg/kg/élelmiszer) [27], [1].

Az alkalmazandó berendezés építőanyagok néhány esetben [8]:

- Pékség, tésztafeldolgozás: Rozsdamentes acél, alumínium, esetleg lágyacél alkalmazható a nyers tészta kezelésénél és a sütőlapoknál
- Üdítőitalok gyártása: Rozsdamentes acél, élelmiszeripari műanyagok, helyenként lágyacél
- Fagyasztott élelmiszerek: Rozsdamentes acél, élelmiszeripari műanyagok, mindkét esetben csak sima felületű hegesztések alkalmazása

2.6 Sütőlap szerepe az ipari sütési folyamatokban

A különböző „gyártott”, sütött termékeket gyakorlatilag folyamatosan sütik egymás után a sütőkben, legyen az kemencés vagy sütőlapos megoldás. A sütőlap szerepe kiemelkedő egy ilyen folyamatban, hiszen, ha az valamilyen okból kiesik a termelésből, a gyártás teljesen megáll. A beragadó termékek gyakorta problémát okoznak az automatizált gyártás során, mert

azokat kézzel kell kitisztítani a sütőlapokból, ami jelentős termeléskiesést okoz [15]. Ugyan fontos megemlíteni, hogy a termék beragadását befolyásolni tudja a tészta állaga, receptje [13], a sütési paraméterek [9], vagy a tapadásgátló adalékok [28].

Számtalan alapanyagból lehet választani egy sütőlap tervezésekor, azonban elengedhetetlen fontosságú a jó hővezető képesség, mechanikai ellenállóság (például az összepréselt sütőlap párok esetén), valamint jó leválasztó és tisztíthatósági tulajdonságok. A hővezetési, hőkapacitási tulajdonságok nem csak a hőátadás szempontjából kulcsfontosságúak, hanem hozzájárulnak a sütési idő, energiafelhasználás, és a végtermék minőségének optimalizálásához.

A leggyakrabban alkalmazott alapanyag az öntöttvas, amely a jó leválasztási képességen kívül az összes korábbi tulajdonsággal rendelkezik [45]. Például a szürkeöntvény egész jól ellenáll a korrózióknak, de nagyon nehéz tisztítani, míg a gömbgrafitos öntvények acélszerű tulajdonságokkal bírnak, viszont rosszul vezetik a hőt. A rozsdamentes acél egy tartós, korrózióálló, könnyen tisztítható fém, azonban a termék nehezen válik le róla [9].

Az ipari környezetben alkalmaznak még speciális bevonatokat, például teflont, hogy megakadályozzák az ételek letapadását, így a tisztítás és karbantartás is könnyebb lehet, azonban a teflon esetében például a könnyű karcolhatóság, azaz az alacsony abrúziós ellenállás miatt nem számít tartós bevonatnak. Alkalmaznak másféle bevonatokat is, mint például nitridált, oxidált vagy karbidos diffúzióval kezelt felületeket, amelyek esetében a termék leválása is és az abrúziós ellenállás is megfelelő minőségű lehet [45], [9].

A termék letapadása tulajdonképpen a hőmérséklet és a nedvességtartalom csökkenésének függvénye. Az érintkezéssel töltött idő nem befolyásolja a letapadás mértékét önmagában. A magasabb hőmérsékleten könnyebben megindul a karamellizáció, a fehérjék lebomlása és a termék felületének barnulása, amelyek összességében komolyan befolyásolják a termék és a sütőlap felületének nemkívánatos adhézióját [45].

A sütőlap tervezése során nem csak az alapanyag és a bevonat kiválasztása fontos. A tervezés nagyon fontos eleme az is, hogy a hőforrásból a hő egyenletesen legyen átadva a termék számára. A nem megfelelő hőelosztás a sütőlap felületén egyenetlen sütési eredményeket okozhat, ami kihat a termék minőségére. A megfelelően megtervezett sütőlapok jelentősen csökkenthetik a sütési időt és az energiafelhasználást, így növelik az ipari gépek hatékonyságát is, mindamelllett, hogy a gyártott termék minősége is sokkal kisebb szórással rendelkezik [27].

A sütőlap felelős a termék alakjának eléréséért is. Jellemzően a süttött termékekben, az élelmiszeripari termékek esetében az alak- és mérettűrések messze meghaladják toleranciamező méret terén a gépipari tárgyakét, ezért a sütőlapok, bár közvetlenül hozzájárulnak a termékek alakjához és méretéhez, nem igényelnek szigorú gyártási tűréseket. Más a helyzet a felületi minőség esetén, ugyanis a rossz felületi minőség, mint például a mély karcok, barázdált felületek mélyedéseibe a szennyeződések, élelmiszeripari anyagok megragadhatnak, eltávolításuk nehézkes lehet. A szennyeződések a termékeket tönkre tehetik, megfertőzhetik, ez pedig egészségügyi veszélyhelyzetet jelent [27].

A zárt vagy zárható sütőlapokat többféle formában lehet elkészíteni. A félig fix típusokat gyakorlatilag csak tisztításkor távolítják el a sütő berendezésből, azonban erre sem biztos, hogy mindig szükség van. Ezek az otthoni nyitható szendvicssütőhöz hasonlítanak, azokból a felhasználó csak ritkán vagy egyáltalán nem veszi ki a sütőlapot. Ipari környezetben ez a megoldás időigényes lehet mind ürítés, töltés és takarítás szempontjából, mivel ezen műveletek között nem történik sütés a sütő berendezéssel [49].

A kivehető sütőlapok leginkább automatizálásra, ipari mértékű gyártásra alkalmas verziója a teljes egészében kivehető megoldás. Ez gyakorlatilag egy paletta vagy nyitható paletta alkalmazáshoz hasonlít. Amíg a sütő berendezésben a sütés történik, addig a mechanikai részegységek, manipulátorok vagy dolgozók egy másik sütőlapot letakaríthatnak, elvégezhetik a formaleválasztóval történő bevonást. Emellett a tészta betöltést is elvégezhetik az új sütőlapon, miközben az előző sütőlapot is leürítették. Ez a sütő berendezés kapacitás kihasználtságát is jelentős mértékben növeli.

3. Probléma bemutatás

A ZIGLER-típusú sajtos tallérekészítő gép a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Műszaki Intézetének Élelmiszeripari technológiák és gépek tanműhelyében található. A gép helyszíni megtekintését követően átnéztem a meglévő dokumentumokat, szervizelési jegyzőkönyveket. A jegyzőkönyv szerint a sütőgép legutolsó hivatalosan dokumentált karbantartását és szervizelését 15 évvel ezelőtt, 2010-ben hajtották végre. Akkor ezt a munkát a sütőgépet gyártó cég hivatalos márkaszervíze végezte és adta át további használatra. A dokumentált javítások a következők voltak: 1 db potméter és 1 db szilárdtest relé cseréje, a tallérleszedő lapát beállítása és annak rugójának cseréje. Azóta a gépen tudomásom szerint nagyobb volumenű, hivatalosan jegyzőkönyvezett szervizelési és javítási munkák nem történtek.

3.1 A ZIGLER-típusú sajtos tallérekészítő gép működése

A vizsgált berendezés egy ipari sütőberendezés, amely a sajtos tallérok gépesített és részben automatizált előállítását végzi. A sütőgép típusa ZJ-TAL 24 (3.1. ábra), melyet kifejezetten ipari célokra, élelmiszer nagyüzemi gyártásához terveztek. A berendezés elektromos működésű, jelenlegi fűtőteljesítménye 13,5 kW, amely folyamatos üzemben 13,5 kWh energiafelhasználással jár. A gép 24 darab sütőlappal rendelkezik, melyek hőmérséklet szabályozása manuálisan történik [49]. A nagyméretű és nagyszámú sütőlap miatt a berendezés működtetése nemcsak hatalmas energiafelhasználással jár, hanem nagy területigényt és jelentős hőtermelést jelent, melyet az üzemi környezet kialakításakor figyelembe kell venni. A berendezés méretei átmérő x magasság: 1950 x 1500 mm, súlya körülbelül 800 kg. A sütőgép kiszolgálásához és működtetéséhez minimális egy fős személyzetre van szükség, aki felügyeli a gyártást és elvégzi a szükséges beállításokat [50].

A gyártási folyamat a tészta adagolásától kezdve, egészen a megsült kész tallér sütőlapról való eltávolításáig teljes mértékben automatizált. A gép óránként körülbelül 8,5 kg tallér előállítására képes, mely elegendő lehet akár egy kisebb élelmiszerelőállító üzem számára is. [50].

A sajtos tallérok átmérője megközelítőleg 12 centiméter. A berendezés egy sütőlapon egyszerre 2 darab tallér sütését teszi lehetővé. A sütési idő a termék vékony szerkezete miatt viszonylag rövid, jellemzően másfél-kettő perc egy sülési ciklus [49].

3.1. ábra A ZIGLER-típusú sajtos tallérsütő berendezés [Saját kép]



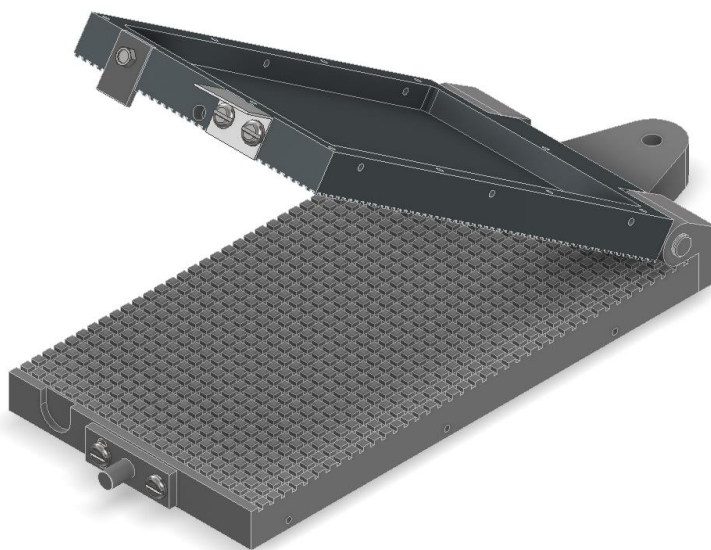
3.2 A sütőlap jelenlegi állapotának bemutatása

A jelenlegi munkaállomáson automatikusan történik a tallérok betöltése, a sütés indítása és a sütőlapok leürítése is. Az adagolás során a berendezés a tésztát rácsöppenti a sütőlapra. Az egyik legnagyobb előnye ennek a megoldásnak, hogy a kézire emlékeztető adagolás során a tallérok valóban kézműves jellegűek. Nincs két egyforma alakú és méretű termék, ami egy nagy előny a piacon, mivel a vásárlók szívesebben választják ezeket az inhomogén formavilággal rendelkező termékeket.

A sütőlap (3.2. ábra) szétnyitható, akárcsak a háztartási szendvicssütők. A tallérok a sütőlapban a tésztát kinyomó fejeknek megfelelő helyzetben kapnak helyet. A sütőlapok recézettek, mintázottak, a tallér felületének negatív megfelelőjét tartalmazzák. Az alsó és felső sütőlapok jellegükben megegyeznek. A sütőlap anyaga viszonylag jó formaleválasztó képessége miatt öntöttvas. A jelenlegi sütőlapon nem található bevonat (3.3. ábra).

A sütőlapfelek külső felületébe csatlakoznak be a fűtőlapok, amelyek egy-egy nagy horonyban kapnak helyet. A sütési folyamat kezdetekor a két fűtőszál együttesen melegíti fel a sütőlap párost. A sütőlapba a fűtés energiaellátásán kívül semmilyen vezeték, érintkező vagy csőrendszer nem csatlakozik, tehát aktív hűtéssel sem rendelkezik. Ha a tallérok nincsenek azonnal eltávolítva a sütési folyamat végeztével, a beégés szinte elkerülhetetlen.

3.2. ábra A sütőlap eredeti konstrukciója Autodesk Inventor programban [Saját modell]



3.3 A sütőlap jelenlegi konstrukciójának problémái

A jelenlegi sütőlap anyaga öntöttvas (3.3. ábra). Felületéről a megsült tallértésztát egy beépített rozsdamentes acél kaparóval távolítják el. Ez a folyamat rendszeres mechanikai igénybevételt jelent, mely a hosszú éveken át tartó használatból adódóan rengeteg sérülést, karcot, felületi egyenetlenséget eredményezett a sütőlap felületén.

Az öntöttvas a rozsdamentes acélnál jóval sérülékenyebb, ridegebb anyag. Repedésre, ütésre, valamint hirtelen hőmérsékletváltozásra különösen érzékeny anyag. Az öntöttvas felülete alapvetően nehezen tisztítható, mivel gyakran rücskös vagy porózus lehet, ami tovább nehezíti a tisztíthatóságot. Az öntöttvas másik nagy hibája, hogy hajlamos a korrózióra, ha nincs megfelelően kezelve vagy védve. A rozsdásodás jelei a sütőlapokon jól megfigyelhetők.

Ezekben, a felületi sérülésekben élelmiszer maradványok rakódhatnak le, melyek bakteriális fertőzéseket idézhetnek elő. Emelet maga a kialakult rozsdás is komoly élelmiszerbiztonsági és higiéniai kockázatot jelenthet. Problémát jelent még a hosszú felmelegedési és hűlési idő. Az öntöttvasnak időbe telik még elérni az optimális sütési hőmérsékletet. Ez nemcsak idővesztést jelent, hanem ez idő alatt a gép feleslegesen használja az energiát, miközben nem biztosítja a sütési folyamathoz szükséges hőmérsékleti feltételeket.

3.3. ábra A sütőlap gépben elfoglalt helye [Saját kép]



Indokoltnak tartom a sütőlap újratervezését egy korszerűbb, tartósabb, higiénikusabb alapanyagból, amely jobban megfelel a felhasználási körülményekhez és kiküszöböli a meglévő problémákat. A gyártás óta rengeteg korábban nem elérhető vagy nem megfizethető anyag vált hozzáférhetővé. A mai ipari anyagtechnológia számos olyan megoldást kínál melyek az eredeti konstrukcióhoz képest sokkal könnyebben tisztíthatók, korrózióállóak, valamint gyorsabban reagálnak a hőmérsékletváltozásra. Ezek az anyagok ma már széles körben elérhetők és a korábban jellemzően magas árak is jelentősen csökkent az utóbbi évekhez képest.

Az új alapanyag alkalmazása mindenképpen előnyös lenne, mind működtetési, karbantartási és higiéniai szempontból egyaránt.

4. Rekonstrukciós tervezés

4.1 Hibafeltárás és a gép szerelése

Hibaleírások álló üzemben

A gép műszaki állapotfelmérését álló helyzetben, a gép leállított üzemi állapotában kezdtem meg. Első lépésként külső szemrevételezést végeztem az esetleges külső, szabad szemmel is jól látható hibák, esetleges sérülések feltárása céljából.

Már a kezdeti szakaszban feltűnt, hogy a gép elektromos csatlakozójának (4.1. ábra) lengő dugvilláján a külső szigetelőborítás sérült. Ez biztonsági kockázatot jelent és elektromos meghibásodáshoz is vezethet.

4.1. ábra Az elektromos csatlakozón látható külső sérülés [Saját kép]



Tovább haladva a gép burkolatának vizsgálata során feltűnt, hogy több helyen hiányoznak a rögzítőcsavarok. Ebből arra következtettem, hogy valószínűleg a gépet korábban megbontották és az összeszerelés nem történt meg megfelelő gondossággal.

Ezek után eltávolítottam a sütőgép kapcsolószekrényének a fedelét és szemrevételeztem, a belső vezetékek állapotát, hogy látható-e bármiféle külső szakadás vagy sérülés. Látszólagosan mindent rendben találtam, az elektromos csatlakozások megfelelő állapotban voltak.

Előzetes információkból ismert volt számomra, hogy a sütőgép 24 darab sütőlapja közül már egy darab biztosan nem működik, és a probléma valószínűleg a fűtőszál meghibásodására

vezethető vissza. Ennek megfelelően különös figyelemmel néztem végig az összes sütőlapot. Az átvizsgálás során több sütőlapon is megégett, szétfolyt, és nem megsült sajtos tallér tészta maradványok voltak láthatók (4.2. ábra). Ezekből arra a következtetésre jutottam, hogy nagy valószínűséggel több sütőlappal is probléma lesz, melyek szintén nem működnek, vagy nem egyenletesen melegítenek ezáltal nem érik el az üzemi hőmérsékletet.

4.2. ábra Nyers tészta maradványok a sütőlapon [Saját kép]



Hibaleírások mozgó üzemben

A gép üzembehelyezését követően bekapcsoltam a főkapcsolót, majd elindítottam a sütőlapok forgását biztosító mechanizmust. Működés során megfigyeltem a sütőlapokat mozgató és működtető rendszer funkcióit. Különös figyelmet fordítva arra, hogy a sütőlapok ki- és bezáródási mechanikája rendesen működik-e. Megállapítottam, hogy a záró mechanika hibátlanul működik, zökkenőmentes a nyitás és zárás folyamata, a lapok rendesen illeszkednek és pontosan záródnak. A kilincsszerkezet működési szempontból megfelelő állapotban van.

Működtetés közben észleltem, hogy a sütőtér belső világítása nem működött. Az izzót kiszereztem és szemrevételeztem. Azt tapasztaltam, hogy az izzószál megszakadt, ami valószínűleg a működésképtelenséget okozhatja. Ennek a cseréje megtörtént.

Ezt követően a sütőlapok fűtését fokozatosan feltekertem és hagytam, hogy a sütőlapok fűtőfelületei kellőképpen felmelegedhessenek, közel az üzemi hőmérsékletükhöz. A fűtési periódus megvárása után infra hőmérő segítségével részletes hőmérsékletmérést végeztem a sütőlapokon. A vizsgálat során minden egyes sütőlapot külön-külön végig ellenőriztem, ügyelve arra, hogy az összecsukódó sütőlapok mind a felső, és mind az alsó fűtőfelületének a hőmérséklete meg legyen pontosan mérve. Megállapítottam, hogy több fűtőbetéttel is gondok lehetnek. Ezek a 7-es, a 18-as, valamint a 23-as sorszámú sütőlapok. Mind a háromnál a sütőlapok alsó és felső részén sem történt olyan mértékű hőtermelés, mint a többi lap esetében. A 7-es számú sütőlap egyáltalán nem melegedett fel. Ezeknél a lapoknál valószínűleg a fűtőbetét meghibásodása vagy az áramellátás megszakadása okozhatja a problémát.

A gép szétszerelése

Első lépésként a biztonsági előírásokat betartva áramtalanítottam a berendezést. Ez után megbontottam sütőtér oldalsó borítólemezeit, hogy jobb betekintést és hozzáférhetőséget nyerjek a sütőgép belsejébe, illetve a hibás sütőlapokhoz.

A szerelést a 7-es számú sütőlappal kezdtem, melynek kiserelése több lépésben történt. A lapot rögzítő csavarok eltávolítása és a vezetékek lecsatlakoztatása után a lap eltávolítható volt a berendezésből. A lapot szétszerelés előtt alaposan letisztítottam. A szerelést a felső sütőfelülettel kezdtem. A takarólemez, és a hőszigetelő réteg eltávolítása után hozzáfértem a fűtőbetéthez. A hibafeltárás során a felületen égési nyomokat (4.3. ábra) fedeztem fel, melyből arra következtettem, hogy a betét zárlat hatására kiéghetett. Multiméterrel szakadásvizsgálatot végeztem, melynek eredményeként szakadást állapítottam meg. Ez a hiba okozta a működésképtelenséget.

4.3. ábra A kiégés nyomai a fűtőlapp felületén [Saját kép]



Az alsó sütőlapp szétszerelése hasonlóan történt. A fűtőbetét szemrevételezése során a papíralapú rétegen nedvesség okozta felázás nyomai voltak megfigyelhetők, illetve a betét vezető része néhol foszlásnak indult, ami szigetelési problémákat okozhatott. Multiméterrel itt is szakadásvizsgálatot végeztem, viszont szakadást nem állapítottam meg. A probléma valódi oka nem ismert, valószínűleg a málló csillámos papírréteg darabok leszigetelték a vezetőréteget.

A másik két hibás sütőlapp szerelését (4.4. ábra) és vizsgálatát ugyan így végeztem el. Az azonosított hibák zárlatból, szakadásból, előregedésből és kilazulásból voltak eredeztethetőek.

4.4. ábra A szétszerelt sütőlapp szigetelés és fűtőbetét nélkül [Saját kép]



A gép összeszerelése

A legelső sütőlap, amit megjavítottam az a hetes számú egység volt. Mielőtt megkezdtem volna az összeszerelést, megtisztítottam a sütőlapot. Ügyeltem rá, hogy a sütőlap minden része tiszta és szennyeződés mentes legyen, mely esetlegesen a működést befolyásolhatná.

Ezután elővettem az új, csere fűtőbetéteket (4.5. ábra). Beszerelés előtt mind az alsón, mind pedig a felső fűtőelemen multiméter segítségével szakadásvizsgálatot végeztem. Ez a lépés kulcsfontosságú volt, hogy megbizonyosodjak róla, hogy az új fűtőbetétek belső vezető szálai nem sérültek meg és teljesen működőképesek. A vizsgálat során szakadást nem állapítottam meg, illetve a fűtőlapok külső részén sem volt semmilyen szakadás vagy más sérülés.

A szétszerelés során a felső sütőlaphoz tartozó régi porcelán csavaros sorkapocs, amit a köznyelvben csokinak is neveznek megsérült. Ez az elektromos rendszer egyik alapvető és nélkülözhetetlen eleme, mely a kábelek összekötésére és szigetelésére szolgál, biztosítva a biztonságos elektromos kapcsolatot. Emiatt összeszerelés előtt ezt cserélni kellett, valamint gondoskodni kellett arról, hogy az új sorkapocs megfelelően legyen rögzítve, hogy a későbbiekben ne okozzon problémát. Az új rögzítést átmenő csavarkötéssel alakítottam ki, mely biztosítja a tartós és biztonságos rögzítést.

4.5. ábra A vadonatúj fűtőlap beszerelés előtt [Saját kép]



Ezután a sütőlap összeszereléséhez a korábban dokumentált összeszerelési sorrendet követtem, és minden alkatrészt precízen visszahelyeztem. Beszereltem a sütőbetétet a sütőlapba és rögzítettem azt. Az alsó sütőlap szétszerelése során szerencsére nem történt semmilyen sérülés vagy károsodás a szerkezetben, így ott az összeszerelés is gördülékenyebben zajlott. Mivel a sütőlap közel szimmetrikus kialakítású, az alsó részt ugyanolyan módon szereltem össze, mint a felső sütőlapot. Miután mind az alsó, mind pedig a felső sütőlap összeszerelésre került következett a visszaépítés a berendezésbe. Visszahelyeztem a sütőegységet a gépbe, meghúztam az összes csavart, és bekötöttem az elektromos csatlakozókat.

Az összeszerelés befejezése után még egyszer alaposan ellenőriztem az egészet, hogy biztos legyen benne, semmi nem maradt ki, minden alkatrész a helyén van, és a csatlakozások is stabilak. Ezt követően elindítottam a sütőt, hogy próbaüzemben leteszteljem a sütőlapok működését és fűtését. A sütőlapok hőmérsékletét infrahőmérővel ellenőriztem. A mérések alapján megállapítottam, hogy a sütőlap javítása teljes mértékben sikeres volt és megfelelően működik.

A további másik két sütőlap közül a 18-as számúnál vezeték kilazulást tapasztaltam. Újra blankolást és bekötést követően ezt a sütőlapot is sikerült megjavítanom. A 21-es számú sütőlap esetében szakadást állapítottam meg a fűtőbetétben. Ennek javítására nem került sor, mivel a műhelyben nem állt rendelkezésre további tartalék fűtőbetét.

4.2 Sütőlap anyagának ellenőrzése

Az anyagok egyik legfontosabb tulajdonsága a keménységük. Ez a jellemző megmutatja, hogy az adott anyag milyen mértékben képes ellenállni egy nála keményebb test benyomódásával szemben. A keménységvizsgálatok fontos szerepet játszanak a különböző anyagok mechanikai tulajdonságainak meghatározásában, különösen fémek esetében. Az anyagvizsgálati módszerek közül az egyik legismertebb és leggyakrabban használt módszer a *Brinell keménységmérés* (4.6. ábra) [31].

Brinell vizsgálat során egy szabványos átmérőjű edzett acél vagy keményfém golyót meghatározott nagyságú erővel és mérési ideig a vizsgált munkadarab előkészített sík felületébe

nyomunk. A lenyomat átmérője, a golyó átmérője és a terhelőerő függvényében kiszámítható a keménység értéke [31].

Előzetes feltételezésem szerint a sütőlap öntöttvasból készült. A vizsgálat célja ennek a feltételezésnek az alátámasztása volt, illetve, hogy pontosabb információkat kapjak az öntöttvas típusára vonatkozóan.

4.6. ábra Keménységmérés a mérőgépen [Saját kép]



A mérés megkezdése előtt megtisztítottam a sütőlapon a mérendő felületet. Csiszolópapír és sarkocsiszológép használatával egy mérésre alkalmas, közel egyenletes síkfelületet alakítottam ki. A vizsgálatot a pontosabb eredmény érdekében nem a barázdált sütőoldali felületen, hanem a sütőlap hátoldalán végeztem.

A vizsgálatot egy KV-1 típusú mérőgépen hajtottam végre, melyhez egy 2,5 mm-es szabványos méretű edzett acélgolyót használtam. A mérőgép bekapcsolása és a sütőlap behelyezése után ráadtam a terhelést a felületre, ami az adott gépen 1840 N terhelést jelentett. A mérési időnek 20 másodpercet határoztam meg. Ezt az időtartamot azért választottam, mert elegendő időt biztosít a terhelés egyenletes eloszlásához, a pontos mérési lenyomatok kialakításához. Ezen felül a 20 másodperces időtartam a mérés elvégzéséhez előírt szabványos 10 - 30 másodperces időtartomány közepén helyezkedik el. [31]

A mérési idő leteltével a terhelést lassan, fokozatosan eltávolítottam. A mérést ezután további kétszer ismételt meg. A mérések elvégzése után, eltávolítottam a munkadarabot a

mérőgépből és a lenyomatok nagyságát (4.7. ábra) mérőmikroszkóppal megmértem. A leolvasott lenyomat értékek az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat A keménységmérési eredmények

Mérés száma	Lenyomat átmérő (mm)	A lenyomathoz tartozó keménységérték táblázatból [31].
1. d_1	1,2	HB = 156
2. d_2	1,2	HB = 156
3. d_3	1,15	HB = 170

A mérési eredmények számtani közepe:

$$d_k = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3} = \frac{1,2 + 1,2 + 1,15}{3} = 1,183 \text{ mm}$$

Keménység számítása [31]:

$$HB = \frac{0,102 \cdot 2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d_k^2})} = \frac{0,102 \cdot 2 \cdot 1840}{\pi \cdot 2,5 \cdot (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,183^2})} = 160,586$$

A lenyomat átmérője megfelel az általános előírásnak [31]:

$$0,25 \cdot D \leq d_k \leq 0,5 \cdot D$$

$$0,625 \leq 1,183 \leq 1,25$$

Keménység szabványos értéke [31]:

$$160,586 \text{ HB } 2,5/187,68/20$$

A kapott Brinell-keménységi érték az öntöttvas anyagokra jellemző keménységi tartományba esik, melynek tartománya 96 és 450 HB közé tehető [31]. Ez megerősíti a kezdeti feltételezést. A mérési eredményből megállapítható, hogy a HB 160,586 érték megfelel az EN-GJL-200 szürkeöntvény keménységi értékének, ami HB 150~230 [14].

4.7. ábra A keletkezett benyomódás mérése mérőmikroszkóppal [Saját kép]



4.3 Lehetséges új konstrukciók

A szakdolgozat 3.3-as fejezetében részletesen kifejtettem, hogy a sütőlap jelenlegi konstrukciójának legnagyobb problémája az alkalmazott alapanyag. Noha az öntöttvasnak számos előnyös tulajdonsága van, használata több szempontból is jelentős hátrányokkal jár. Ennek következtében konstrukciós javaslatként az alapanyag módosítását tűztem ki célul.

A cél egy olyan új anyag kiválasztása, mely képes az öntöttvasat helyettesíteni és alkalmas a sajtos tallér sütéséhez. Az új anyagnak nem csak hőtechnikai és hővezetési szempontból kell megfelelnie, hanem alkalmasnak kell lennie az élelmiszeripari alkalmazásra vonatkozó szigorú előírásoknak, élelmiszerbiztonsági és higiénias követelményeknek. A döntési folyamatban több alapvetően kulcsfontosságú szempontot is meghatároztam, melyek segítenek irányt mutatni a legmegfelelőbb anyag kiválasztásában.

Ezek a szempontok a következők:

- **Tömeg/sűrűség:** Az új anyag kiválasztásánál előnyt jelent, ha annak sűrűsége kisebb az öntöttvasénál, mivel ez alacsonyabb tömeget eredményez. A kisebb tömeg hozzájárulhat a kezelhetőséghez, valamint a gép tömegének csökkentéséhez.
- **Karbantartathóság:** az anyagnak olyan tulajdonságokkal kell rendelkeznie, amelyek lehetővé teszik a könnyű tisztítást, vagy ideális esetben minimalizálják a rendszeres tisztítás szükségességét.

-
- Élelmiszeripari alkalmasság: csak olyan anyag jöhet szóba, amely megfelel az élelmiszerrel való közvetlen érintkezés biztonsági követelményeinek, illetve rendelkezik az élelmiszeripari alkalmazásra vonatkozó hivatalos jóváhagyással
 - Felületi stabilitás: Az anyag felületének ellenállónak kell lennie a korrózióval és oxidációval szemben, biztosítva ezzel a hosszú távú használhatóságot, higiénikus állapotot és az élelmiszerbiztonsági követelményeknek való megfelelést.
 - Hővezetőképesség: Az anyagnak megfelelő hővezető tulajdonságokkal kell rendelkeznie, annak érdekében, hogy a hő gyorsan és egyenletesen oszoljon el a sütőfelületen, ezzel biztosítva az egyforma hőmérsékleten történő sütést és az állandó minőséget.
 - Tapadásmentesség: Az anyag felületének biztosítania kell, hogy a tészta ne tapadjon hozzá. Ez hozzájárul a sütési folyamat hatékonyságához, illetve megkönnyíti az elkészült termék sérülésmentes eltávolítását.
 - Gyárthatóság: Az anyagnak alkalmasnak kell lennie arra, hogy ipari méretekben is előállítható legyen mindezt hatékonyan és gazdaságosan a hosszú távú alkalmazhatóság érdekében.

A fentebb részletezett szempontok mérlegelését követően a lehetséges fémes anyagválasztékot két olyan alternatívára szűkítettem, amelyek megfelelnek az élelmiszeripari alkalmazás követelményeinek. A kiválasztott, szóba jöhető anyagok a következők:

- Alumínium (eloxált vagy öntött kivitelben)
- Rozsdamentes acél

A két potenciális alapanyagot a korábban részletezett szempontok alapján, táblázatos formában hasonlítom össze a 2. táblázatban.

2. táblázat A kiválasztott anyagok összehasonlítása [3] [20] [39]

Vizsgált szempontok	Öntöttvas	Alumínium	Rozsdamentes acél (AISI 304)
Sűrűség (g/cm ³)	7,2	2,7	7.93
Hővezetőképesség (W/m·K)	52	164	16,3
Hőeloszlás	jó	kiváló	gyenge
Hőtartás	kiváló	közepes	jó
Melegedési idő	lassú	gyors	közepes
Felületi stabilitás	Gyenge (rozsdásodik)	Jó (oxidréteg védi)	Kiváló
Tapadásmentesség	Jó (olajos kiégetés)	Közepes (eloxált)	Gyenge

Az új sütőlap anyagának kiválasztása során a legfőbb szempontok a jó hővezetés és egyenletes hőeloszlás, a gyors felmelegedés, a korrózióval szembeni ellenállás, valamint a kis tömeg voltak. Az összehasonlított három anyag közül - öntöttvas, rozsdamentes acél és eloxált alumínium – az utóbbi bizonyult a legmegfelelőbb anyagválasztásnak. A felsorolt indokok alapján az alumínium anyagot választottam. Az alumínium nagyon jó hővezető tulajdonsággal rendelkezik, ami biztosítja az egyenletes hőeloszlást a sütőfelületen. Ezáltal pontos hőszabályozást és egyenletes sütést tesz lehetővé. Az öntöttvashoz képest az alumínium gyorsabban melegszik fel, ami rövidebb felfűtési időt és ezáltal energiahatékonyabb működést eredményez. Kis sűrűsége (~2,7 g/cm³) révén az alumíniumból készült sütőlap lényegesen könnyebb, mint az öntöttvas megfelelője, ami a kezelhetőséget és szerelhetőséget egyaránt megkönnyíti. Az alumínium korrózióval szembeni ellenállása kedvező, felülete nem rozsdásodik, így karbantartási igénye lényegesen kisebb.

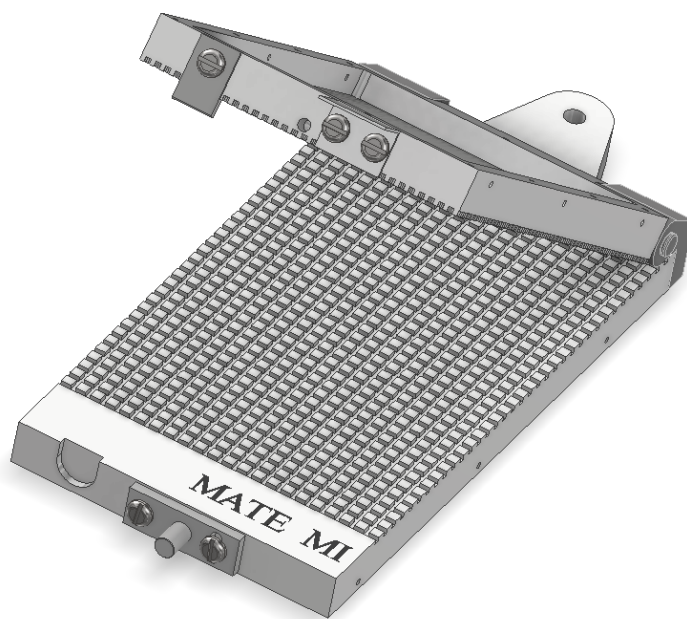
Alapállapotban azonban az alumínium felülete hajlamos az ételek megtapadására, ami sütőfelületként hátrányt jelent. Eloxálással azonban kemény, kopásálló réteg alakítható ki rajta, amely javítja a felület csúszósságát és tapadásmentességét, ezáltal kellően tapadásmentes

felület érhető el vele. A felület tapadásgátló képessége zsiradék alkalmazásával tovább javítható. Hátrányként megemlíthető még, hogy az alumínium hőtartó képessége - hőtehetlensége- viszonylag rossz, a hőt nem jól tartja meg. A hőforrás megszűnése esetén vagy, ha hideg étel kerül rá ingadozó hőmérsékletet eredményezhet sütés közben.

4.4 A továbbfejlesztett konstrukció

Az általam választott alumínium fajta az 5052 H32 alumínium ötvözet, mely előnyös tulajdonságai miatt alkalmas sütőlapok gyártására. Kiváló korrózióállósággal rendelkezik, mely biztosítja az egyszerű karbantarthatóságot és a hosszú élettartamot. Ellenáll a sütési folyamat során előforduló magas hőmérsékletű párás, savas, sós, és zsíros környezetnek egyaránt. Kis tömegű, megfelelő szilárdságú mechanikailag stabil. Az ötvözet jól alakítható, hegeszthető mely alkalmassá teszi az elképzelt konstrukció kialakítására. Hőeloszlás szempontjából kiváló hővezető képesség jellemzi, mely egyenletes hőeloszlást tesz lehetővé a teljes sütőfelületen, biztosítva ezzel a sajtos tallérok gyors és egyenletes átsütését. Az 5052-H32 alumínium ötvözet főbb adatait a 6. számú mellékletben foglaltam össze, mely a dolgozat végén található.

4.8. ábra A sütőlap új látványterve Autodesk Inventor programban [Saját modell]



Az alábbi látványterv (4.8. ábra) a már ismertetett régi öntöttvas sütőlap újragondolt, korszerűsített változatát mutatja be, melynek fő újítása a kinézetben és az anyaghasználatban

rejlük. Az eredeti nehéz öntöttvas anyagot, alumínium váltja fel, mely nemcsak modernebb megjelenést kínál, de praktikusabb használatot is. Az Autodesk Inventor program adatai szerint a korábbi összeszerelt kialakítás tömege 4,77 kg volt, ezzel szemben az új konstrukció tömege csak 1,97 kg, ami jelentős tömegcsökkenést jelent. A látványtervben bemutatott új konstrukció mind funkcionálisban, dizájnban és anyaghasználatban tökéletes harmóniában áll egymással. Az alumínium kiváló hővezető tulajdonságainak köszönhetően a sütőlap gyorsan és egyenletesen melegszik fel. A sütés hatékonyabb, egyenletesebb, a tisztítás jóval egyszerűbb mint előtte. Az új sütőlap koncepció egyes elemeinek műhelyrajzait az 1-5. számú mellékletek tartalmazzák a dolgozat végén.

Tanulmányaimat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Műszaki Intézetének gépészmérnöki alapszakán végeztem, ahonnan a szakdolgozatom témája is származik. Ennek tiszteletére a sütőlapon gravírozásra került a Műszaki Intézet rövidítése is, mely egyfajta elismerés az intézmény felé.

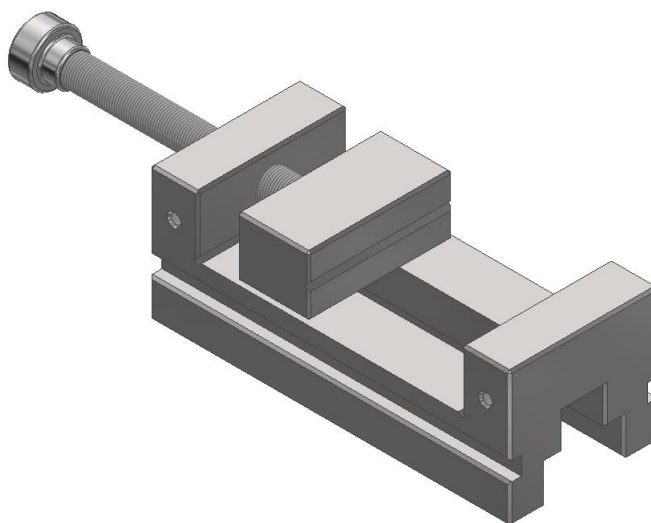
5. Készüléktervezés

A következő fejezetben az általam kidolgozott gravírozó készülék összeállításának lépéseit mutatom be részletesen lépésről lépésre. A tervezés célja egy olyan készülék létrehozása volt, mely az egyedi alkalmazás mellett alkalmas lehet kisebb sorozatgyártásra is. Az összeszerelési lépésekben bemutatott nem szabványos alkatrészek és egyedi elemek műhelyrajzai, illetve a teljes készülék összeállítási rajza a 7-9. számú mellékletekben található.

A fejezetben részletesen bemutatom a készülék mechanikai felépítését. Kitérek a konstrukciós megfontolásokra, a felhasznált anyagokra, és azokra a műszaki megoldásokra, melyek lehetővé teszik a pontos és ismételhető gravírozási műveletek végrehajtását. A tervezési folyamat során nagy hangsúlyt fektettem a szerkezet stabilitására, a működési pontosságra, valamint a könnyen kezelhetőségre.

Készülék alapja egy precíziós satu, mely a munkadarabok nagy pontosságú befogását teszi lehetővé (5.1. ábra). A satu kialakítása masszív, pofái menetes orsóval zárhatók. A munkadarabok ismételhető stabil befogását kiváló párhuzamossággal és derékszögűséggel biztosítja. A gépsatu anyaga edzett ötvöztött acél 20CrMnTi, mely kiemelkedő kopásállósággal rendelkezik. Elég széles körben alkalmazzák jellemzően CNC gépeken ipari környezetben.

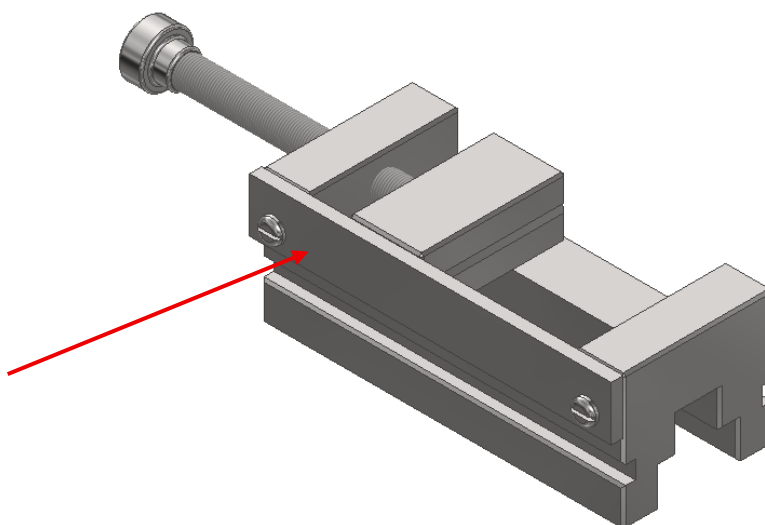
5.1. ábra A gravírozó készülék alapja [Saját modell]



Második lépésként 2 csavarral rögzítettem az alaphoz a munkadarab ütköztető ülékét, mely a sütőlap stabil oldalirányú rögzítését biztosítja (5.2. ábra). A gépelem anyagminősége a

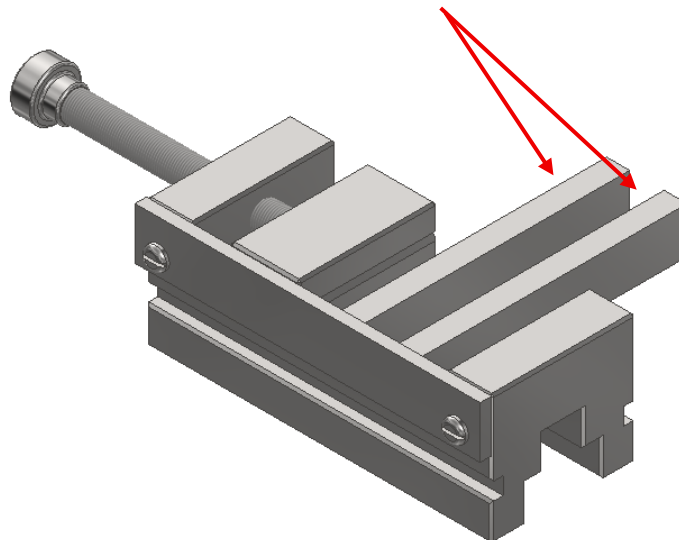
gazdaságos gyárthatóság miatt S275 szerkezeti acél. A pontos pozicionálás a megmunkálás során különösen fontos. Ez a támaszelem biztosítja, a munkadarab pontos elhelyezését, minimalizálja az elmozdulásból eredő geometriai hibákat és biztosítja a gravírozási művelet megismételhetőségét azáltal, hogy a sütőlapot ennek neki ütköztetve veszi fel a megfelelő helyzetet. Műhelyrajza a 7. számú mellékletnél látható.

5.2. ábra Az alap és a rászerezelt munkadarab ütköztető ülék [Saját modell]



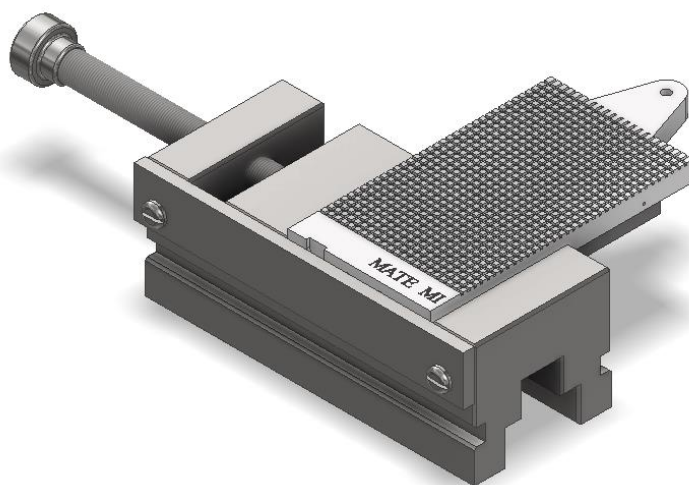
Harmadik lépésként elhelyezzük a készüléken a helyzetmeghatározó elemeket. Ezek precízen megmunkált fém hasábok, melyek felfekvő felületekként szolgálnak a sütőlap számára (5.3. ábra). A sütőlap ezekre a precízen megmunkált hasábokra kerül felhelyezésre, melyek állandó meghatározott magasságuknak köszönhetően, minden befogás alkalmával a munkadarabot azonos pozícióba helyezik. Ezek az elemek biztosítják a folyamat megismételhetőségét és stabil helyzetét. Műhelyrajza a 8. számú mellékletben látható. A helyzetmeghatározó hasábok anyagául szintén S275 szerkezeti acélt választottam. Ezt az anyagot alkalmazva a készülék elem nemcsak gazdaságosan valósítható meg, hanem kopásállósága révén is alkalmas az adott feladat ellátására.

5.3. ábra A helyzetmeghatározó elemek elhelyezése [Saját modell]



Az 5.3. ábrán az összeállított gravírozó készülék koncepciója látható a munkadarab, azaz a sütőlap nélkül. Műhelyrajzát a 9. számú melléklet tartalmazza. A kép jól szemlélteti a készülék alapfelépítését, a szerkezeti elemek egymáshoz viszonyított elhelyezkedését. Ezzel szemben az 5.4. ábrán már a teljesen felszerelt, sütőlappal ellátott készülék szerepel, ami a végleges működési összeállítást mutatja be. A két ábra együttesen részletesen bemutatja a készülék szerkezeti felépítését, illetve a sütőlap pontos elhelyezésének és rögzítésének a módját.

5.4. ábra Az összeállított készülék a sütőlappal együtt [Saját modell]



6. Szimulációs vizsgálat Ansys Workbench segítségével

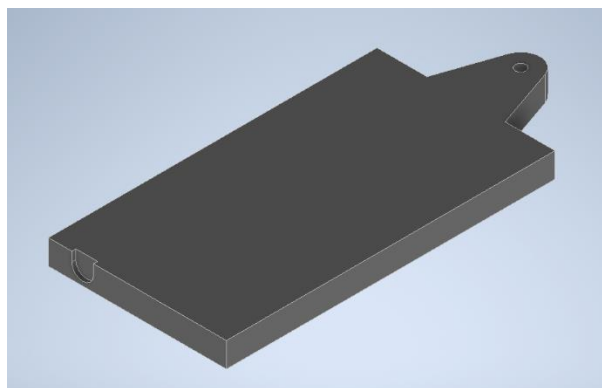
A számítógépes szimulációk napjainkban a mérnöki tervezési folyamatok szerves részét képezik, és meghatározó szerepet játszanak a tervezési döntések meghozatalában. Jelen fejezetben azt vizsgálom, hogy az eredetileg alkalmazott öntöttvas anyaghoz képest miként viselkedik az újonnan kiválasztott alumínium alapanyag hőmérsékleti terhelések hatására.

A munkám során végesem analízis segítségével hőtani vizsgálatokat végeztem a régi és az új konstrukcióban alkalmazott sütőlapon. A hőanalízis során kiemelt figyelmet fordítottam a felmelegedési és lehülési folyamatok időbeli vizsgálatára, valamint a hővezetési tulajdonságok összehasonlítására. A szimulációk elvégzéséhez az ANSYS Workbench 2025 R1 végeselemes analízis szoftvert használtam, amely lehetőséget biztosított összetettebb modellek hatékony, gyors és részletes vizsgálatára.

A következő fejezetben a teljes szimulációs folyamat lépéseit mutatom be a modellgeometria előkészítésétől és a peremfeltételek meghatározásától kezdve egészen az eredmények kiértékeléséig. Az elemzés elsődleges célja, hogy összehasonlítást nyújtson két alapanyag konstrukció hőtechnikai viselkedésbeli különbségeiről.

A vizsgálat elvégzéséhez szükséges geometriai modelleket Autodesk Inventor programban készítettem el. Az elemzési folyamat, a hálózás és a szimuláció futtatásának megkönnyítése érdekében a modelleket egyszerűsítettem, a vizsgálat szempontjából elhanyagolható részeket elhagytam. Az ilyen mértékű módosítások az előzetes megítélés alapján csupán csak elhanyagolható mértékben befolyásolják a vizsgálat eredményét. A használt geometriát (6.1. ábra), Step formátumba exportáltam, majd ezután importáltam be a szimulációs programba.

6.1. ábra A módosított alsó sütőlap Autodesk Inventor programban [Saját modell]



Az elemzés során az egyes anyagok anyagi jellemzőit az Ansys szoftver alapértelmezett anyagtarából vettem át. Az öntöttvas esetében az alkalmazott jellemzőket az alábbi táblázat foglalja össze (3. táblázat).

3. táblázat Öntöttvas anyagi jellemzők [Ansys 2025]

Sűrűség [kg/m ³]	Hővezető képesség [W/(m·K)]	Fajhő J/(kg·K)
7200	52	447

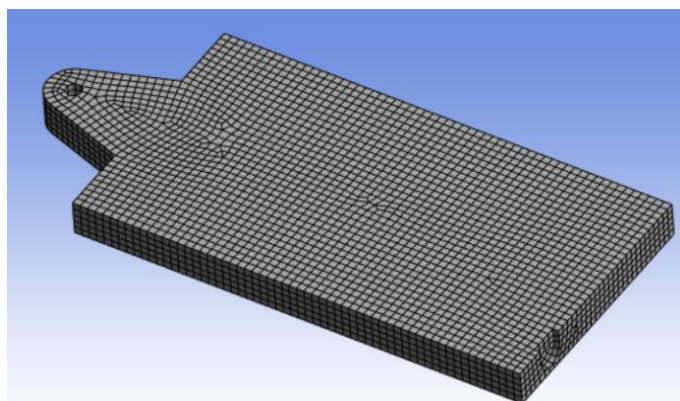
Az alumínium anyag esetében az alkalmazott jellemzőket az alábbi táblázat foglalja össze (4. táblázat).

4. táblázat Alumínium anyagi jellemzők [Ansys 2025]

Sűrűség [kg/m ³]	Hővezető képesség [W/(m·K)]	Fajhő J/(kg·K)
2770	144	875

Ezt követően beállítottam az importált sütőlapmodell hálózását. Az elemméretet 4 mm nagyságúnak határoztam meg, mivel a program a teljes test hálózását ennél nagyobb elemméret esetében nem tudta megfelelően elvégezni.

6.2. ábra Hálózás - Mesh [Saját modell]



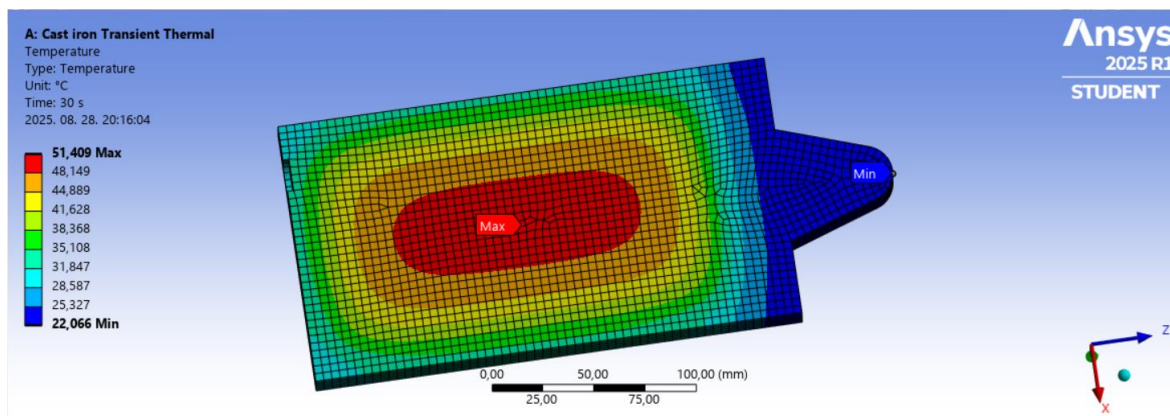
6.1 A sütőlap felmelegedésének vizsgálata

Először a sütőlap felmelegedését vizsgáltam. Beállítottam az ehhez szükséges peremfeltételeket. Kezdeti hőmérsékletnek 22 °C -os szobahőmérsékletet határoztam meg. Megadtam, hogy a hőáramlás az egész testre vonatkozzon. Hőforrás helyének pedig azt a felületet adtam meg, ahol a sütőlap érintkezik a fűtőbetéttel. A vizsgálathoz a fűtőbetét teljesítményének egy előzetesen kiszámolt értéket használtam, melyet a sütőgép ismert fűtőteljesítménye 13,5 kW és a sütőlapok száma 24 db alapján számoltam ki. Ezáltal a vizsgálat során használt, meghatározott teljesítmény.

$$\frac{13,5 \text{ kW}}{24} = \frac{13500 \text{ W}}{24} = 562,5 \text{ W}$$

Vizsgálati időintervallumnak 30 másodpercet határoztam meg. A szimuláció után kapott értékek a következők voltak (6.3. ábra).

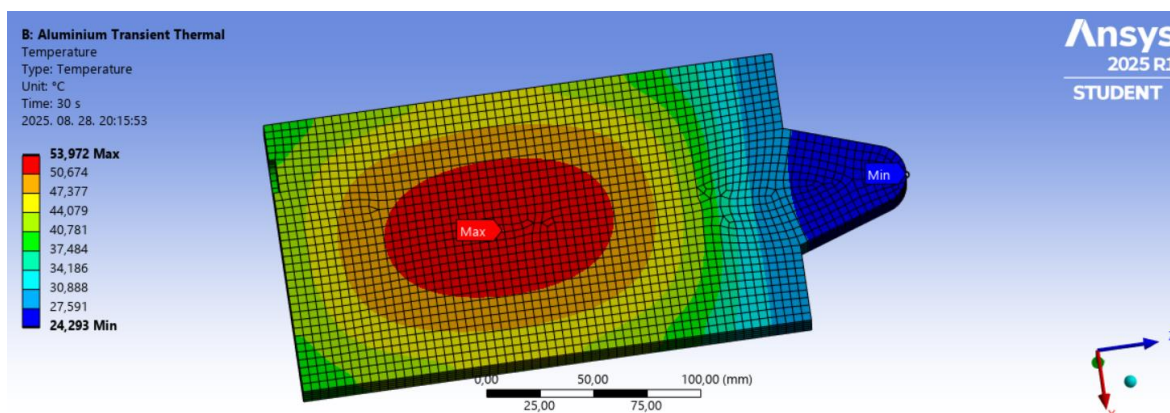
6.3. ábra Az öntöttvaslap felmelegedése [Saját modell]



Szimuláció eredménye: Az öntöttvas lap 30s alatt 22°C-ról, 51,409 °C-ra melegedett fel.

Ezt követően átállítottam az anyagminőséget és megismételtem a vizsgálatot mostmár alumínium anyaggal. A szimuláció után kapott értékek, azonos beállításokkal a következők voltak (6.4. ábra).

6.4. ábra Az alumínium lap felmelegedése [Saját modell]



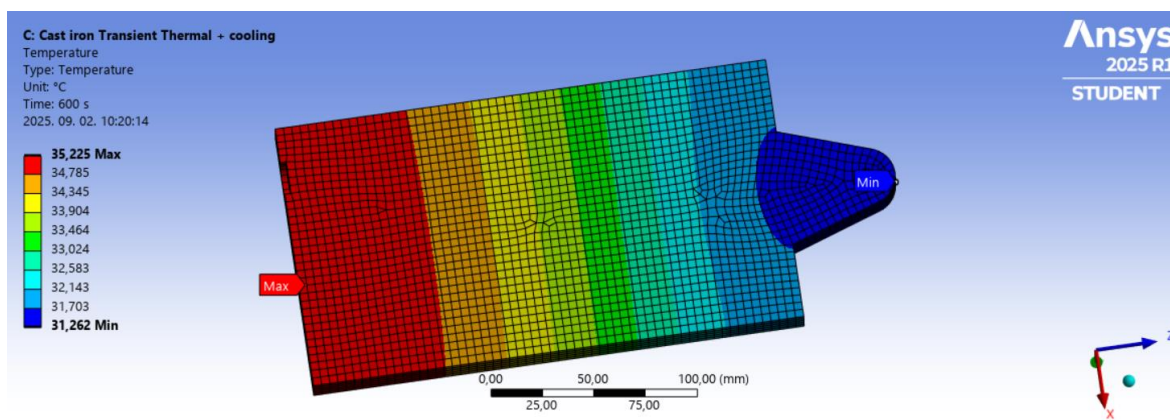
Szimuláció eredménye: Az alumínium lap 30s alatt 22°C-ról, 53,972 °C-ra melegedett fel.

Az eredményekből megállapítható, hogy a beállított időintervallum alatt az alumínium lap 53,972 °C-ra, az öntöttvas pedig 51,409 °C-ra melegedett fel, ami alátámasztja az alumínium gyorsabb melegedését. Illetve jól megfigyelhetők, hogy az alumínium lapon az egyes hőmérsékletekhez tartozó felmelegedési zónák jelentősen nagyobb kiterjedésűek, melyek az anyag jobb hővezetési tulajdonságát igazolják.

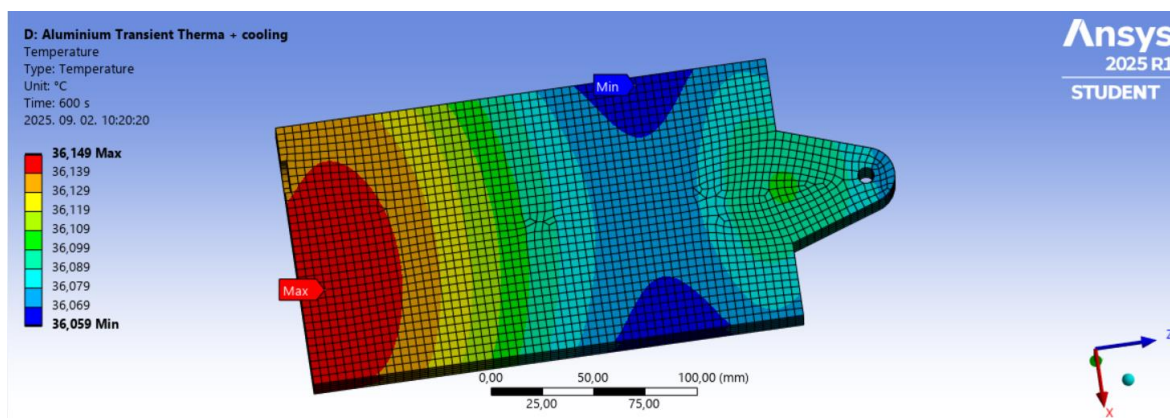
6.2 A sütőlap kihűlésének vizsgálata

A következő részben azt az előzetes feltételezést szerettem volna vizsgálni, hogy az öntöttvas anyag jobb hőtartó képességgel rendelkezik, mint az alumínium anyag. Ezáltal hosszabb időre van az anyagnak szüksége ahhoz, hogy visszahűljön szobahőmérsékletre. Az alábbi elemzésben első lépésként a sütőlapokat 30 másodpercig melegítettem a már korábban kiszámolt teljesítménnyel. Ezt követően második lépésként megszüntettem a hőbeviteli forrást, vagyis 0 fűtőtelsítményt állítottam be, vizsgálati időnek pedig 600 másodpercet vagyis 10 percet határoztam meg.

6.5. ábra Az öntöttvas lap kihülése [Saját modell]



6.6. ábra Az alumínium lap kihülése [Saját modell]

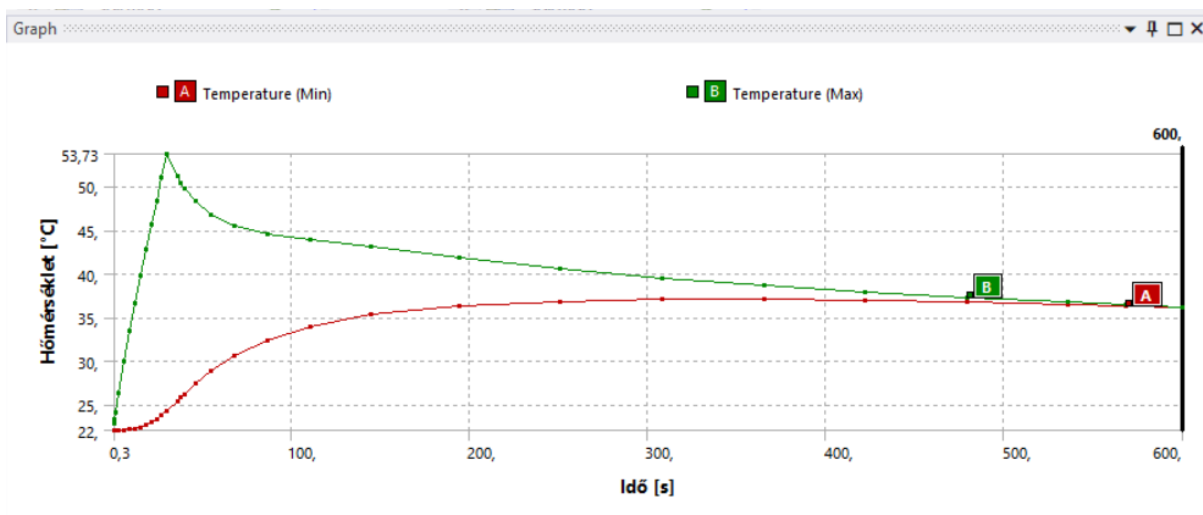


Az szimulációk lefuttatása után a következő eredményeket kaptam. A két különböző anyagból készült konstrukció lehülését vizsgálva, azonos időtartom alatt egyértelmű különbségek mutatkoztak. Az öntöttvas anyagból készült modell hőmérséklete 51,228 °C hőmérsékletről hűlve az adott intervallum végére 35,225 °C-ra (6.5. ábra), még az alumínium anyagból készült változat 53,73 °C hőmérsékletről 36,149 °C-ra (6.6. ábra) hűlt le. Az öntöttvas esetében ez 16,003 °C hőmérséklet csökkenést, az alumínium esetében pedig 17,581 °C hőmérséklet csökkenést jelent. Ezen kívül megfigyelhető, hogy a hülési zónák eloszlása az öntöttvas lap esetében egyenletes, még az alumínium sütőlap esetében egyenetlenül oszlik el. Ezek az eredmények alátámasztják azt a kezdeti feltételezést, miszerint az öntöttvas sütőlap jobb hő megtartó képességgel rendelkezik, mint az alumínium társa.

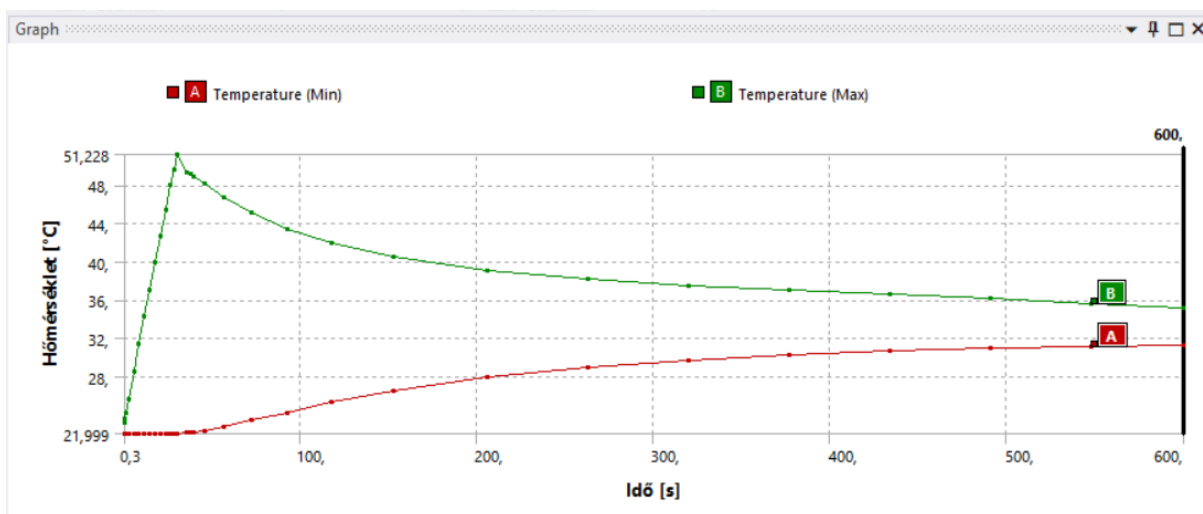
6.3 Ansys Workbench szimulációs diagramok

Az Ansys Workbench segítségével termikus szimulációt végeztem a két különböző anyagból készült sütőlap hőhatásainak vizsgálatára. Az elvégzett szimuláció során a felmelegítés és az azt követő lehűlés folyamatát vizsgáltam meg az alumíniumból és öntöttvasból készült sütőlap konstrukciók esetén. Az alábbi két ábrán az elvégzett hőelemzési vizsgálatok eredményei láthatók vonal diagramok formájában 6.7.ábra és 6.8.ábra.

6.7. ábra Az alumínium sütőlap hőmérséklet változásának diagramja [Saját ábra]



6.8. ábra Az öntöttvas sütőlap hőmérséklet változásának diagramja [Saját ábra]



Az elkészített hőmérséklet- idő diagrammok szemléletesen mutatják be a két különböző anyag típus eltérő hőtechnikai viselkedését, vizsgálva a felmelegedési és lehülési folyamatokban megfigyelhető eltéréseket. Láthatjuk, hogy a különböző anyagok hogyan reagálnak a hőmérséklet-változás egyes szakaszaira.

A vizsgálati időtartam alatt a felmelegedési szakaszok meredekségében jelentős eltérések nem figyelhetők meg a két anyagnál, csupán annyi tapasztalható, hogy az alumínium egységnyi idő alatt gyorsabban melegedett fel. Ez az alumínium melegedése esetében $53,73^{\circ}\text{C}$ -t, az öntöttvas melegedése esetében $51,228^{\circ}\text{C}$ -t jelent, mely értékek a két anyag különböző hővezető képességének tudható be. A két anyag közötti lényeges szemmel látható különbség a diagramok második szakaszában figyelhető meg. A fűtés lekapcsolását követően az alumínium konstrukció gyors hőmérséklet csökkenést mutatott, még az öntöttvas konstrukció esetében a lehülés jóval lassabban, laposabb görbén ment végbe. A 10 perces intervallum végére az öntöttvas konstrukció $35,225^{\circ}\text{C}$ -ra, az alumínium pedig $36,149^{\circ}\text{C}$ -ra hűlt le. Az öntöttvas esetében ez $16,003^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet csökkenést, az alumínium esetében pedig $17,581^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet csökkenést jelent, ami egyértelműen igazolja, hogy az öntöttvas szerkezet lényegesen jobb hőtároló tulajdonságokkal rendelkezik.

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy az alumíniumból készült kialakítás gyorsabban melegszik fel, illetve hűl le, addig az öntöttvasból készült koncepció lassabban reagál a hőváltozásokra, viszont jóval hosszabb ideig egyenletesen tartja a hőt. Ezek az eltérések a két anyag eltérő hővezetési és hőkapacitási tulajdonságaiból adódnak, melyek fontos szempontot jelentenek a megfelelő sütőlap anyagának kiválasztásakor, olyan konstrukciók esetén, ahol a hőeloszlás egyenletessége vagy a hőmegtartás kiemelten fontos szerepet kap.

7. Összefoglalás

A Föld lakossága dinamikusan növekszik. Napjainkban már átlépte a 8 milliárd főt. Ez a szám sok területen okoz nehézségeket az energiaellátástól kezdve egészen a környezeti problémáig. Fontos külön kiemelni az élelmiszerellátás kérdését. Ez az egyik legnagyobb orvosolandó probléma. Hogyan leszünk képesek a jövőben ekkora mennyiségű élelmiszert előállítani? Mindezt megfizethető áron. Szükségessé vált az élelmiszerfeldolgozás folyamatának felgyorsítása és a kapacitás növelése. Ennek eredményeként megjelentek az élelmiszeripar minden egyes területén a különböző automata élelmiszer gyártó gépek. Az automatizált élelmiszergyártás egyik előnye, hogy nagyon gyorsan képes nagyon sok terméket előállítani. Dolgozatomban egy ilyen gép adott részének a rekonstrukciós tervezését végeztem el.

Első lépésként áttekintettem a rendelkezésre álló szakirodalmakat, kiemelt figyelmet fordítva az élelmiszeripari gépekre, azok felépítésére és anyaghasználatára. Ezt követően ismertettem a HACCP rendszert és az élelmiszerbiztonsági előírásokat. Utánanéztem annak, hogy pontosan milyen kenőanyagok és adalékok használhatók az egyes élelmiszeripari gépekben. Részletesen ismertettem az élelmiszeriparban használt anyagokkal szemben támasztott követelményeket és kiemelttem a sütőlapok szerepét az ipari gyártásban.

A következő fejezetekben bemutattam a Ziegler ZJ-TAL 24 sütőgép eredeti sütőlap konstrukcióit. Leírtam a sütőgép működését. Bemutattam a sütőlap gépben elfoglalt helyét, annak működését, jellemzőit. Ismertettem a sütőlap hátrányait és hibáit. Összefoglaltam a gépen elvégzett szerelési munkákat, javításokat és a fűtőlap cseréjét.

Brinell keménységvizsgálatot végeztem és megvizsgáltam az eredeti sütőlap anyagkonstrukciót. Részleteztem a lehetségesen alkalmazható új anyagokat. Kiválasztottam a legjobb lehetőséget, és felvázoltam az általam elképzelt új anyagkonstrukciós megoldást. Megterveztem annak a befogókészüléknek a tervét, amelyet a sütőlapon található szövegnek a gravírozásakor lehet használni. Az elkészített műhelyrajzok a mellékletekben találhatóak.

Az utolsó fejezetekben szimulációs vizsgálatokat végeztem egy végeelem szoftver segítségével, mely során megvizsgáltam a különböző anyagok hőtechnikai viselkedését. Ellenőriztem és igazoltam a korábban már feltételezett anyagviselkedési modellek helyességét.

Végezetül diagramos összehasonlítást készítettem az elvégzett hő elemzési vizsgálatokról és összegeztem a kapott eredményeket.

8. Summary

The Earth's population is growing dynamically. Today, it has already exceeded 8 billion people. This number causes difficulties in many areas, from energy supply to environmental problems. It is important to highlight the issue of food supply. This is one of the biggest problems to be solved. How will we be able to produce such a large amount of food in the future? All this at an affordable price. It has become necessary to speed up the food processing process and increase capacity. As a result, various automatic food production machines have appeared in every area of the food industry. One of the advantages of automated food production is that it can produce a lot of products very quickly. In my thesis, I completed the reconstruction design of a specific part of such a machine. As a first step, I reviewed the available literature, paying special attention to food industry machines, their structure and use of materials. After that, I introduced the HACCP system and food safety regulations. I looked into exactly what lubricants and additives can be used in each food industry machine. I have described in detail the requirements for materials used in the food industry and highlighted the role of baking plates in industrial production.

In the following chapters I have presented the original baking plate designs of the Ziegler ZJ-TAL 24 baking machine. I have described the operation of the baking machine. I have presented the position of the baking plate in the machine, its operation and characteristics. I have described the disadvantages and defects of the baking plate. I have summarized the assembly work, repairs and replacement of the heating plate performed on the machine.

I have performed a Brinell hardness test and examined the original baking plate material design. I have detailed the possible new materials. I have selected the best option and outlined the new material design solution I have imagined. I have designed the design of the clamping device that can be used when engraving the text on the baking plate. The prepared workshop drawings can be found in the appendices.

In the last chapters, I performed simulation tests using a finite element software, during which I examined the thermal behaviour of different materials. I checked and verified the correctness of the previously assumed material behavior models.

Finally, I made a diagrammatic comparison of the thermal analysis tests performed and summarized the results.

9. Nyilatkozatok



Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

NYILATKOZAT

Alulírott HORVÁTH TAMÁS BENKE, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, SZENT ISTVÁN Campus, GEPÉSZMÉRŐVÉ szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: Gödöllő 2025. év 10 hó 03 nap

Horváth Tamás Benke
Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: Gödöllő 2025. év 10 hó 03 nap

D. Kádler An
Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: HORVÁTH TAMÁS BENCE
A Hallgató Neptun kódja: BAJY08
A dolgozat címe: ZIEGLER TÍRUSÓ SAJTOSTALLÉR KÉSZÍTŐ GÉP
SÜTŐLAPJÁNAK REKONSTRUKCIÓS TERVEZÉSE
A megjelenés éve: 2025
A tanszék neve: ANYAGTUDOMÁNYI- ÉS GÉPIPARI FOLYAMATOK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri rendszerébe.

Kelt: Gödöllő 2025. év 10 hó 03 nap

Horváth Tamás
Hallgató aláírása

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Horváth Tamás Bence
Neptun-kódja:	BAJYU8
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat készítés 2 - MUSZK340N
A munka címe:	Ziegler típusú sajtos tallérekészítő gép sütőlapjának rekonstrukciós tervezése

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet

	verziója, elérhetősége		bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt:^{Gödöllő}....., 2025.¹⁰..... hó ...²²... nap

.....^{Konrad János}.....

Hallgató aláírása

.....^{Dr. Kovács Anikó}.....

Konzulens/Témavezető aláírása

10. Felhasznált irodalom

- [1] European Food Safety Authority. (2002). 2002/72/EC plastics directive. European Union.
- [2] AES Food Equipment. *Why Quality Food Processing Equipment is Important*. [Online] [Hivatkozva: 2025. március 26.]. Elérhető: <https://www.aesfoodequipment.com/why-quality-food-processing-equipment-is-important/>.
- [3] AISI 304 Rozsdamentes Acél Tulajdonságok [Online] [Hivatkozva: 2025. június 23.]. Elérhető: <https://hu.stainless-pipe-fitting.com/info/aisi-304-stainless-steel-properties-51962575.html>
- [4] Aalco. *Aluminium Alloy - Commercial Alloy - 5052 - H32* [Online] [Hivatkozva: 2025. július 18.]. Elérhető: https://www.aalco.co.uk/datasheets/Aluminium-Alloy-5052-H32-Sheet-and-Treadplate_138.ashx
- [5] Atlas Steels, *Aluminium Alloy 5052 Data Sheet* [Online] [Hivatkozva: 2025. július 18.]. Elérhető: <https://atlassteels.com.au/wp-content/uploads/2021/08/Aluminium-Alloy-5052-Data-Sheet-24-06-21.pdf>
- [6] Star Rapid, *Aluminum 5052-H32* [Online] [Hivatkozva: 2025. július 18.]. Elérhető: <https://www.starrapid.com/wp-content/uploads/2019/10/5052-H32.pdf>
- [7] Amit, J. (2024, November 13). *Ensuring safety and quality: A guide to food manufacturing safety standards*. Aiola. [Online] [Hivatkozva: 2025. március 16.]. Elérhető: <https://aiola.ai/blog/food-manufacturing-safety-standards/>.
- [8] Anderson's Maple Syrup. (2007). *Materials used in the construction of food processing equipment*. [Online] [Hivatkozva: 2025. április 4.]. Elérhető: <https://andersonsmaplesyrup.com/pdf/FoodProcessingEquipMaterialsTable.pdf>.
- [9] Reinhart, A., Haas, J., Jiraschek, S., Lichtscheidl, M., and Obermaier, F. (2012). *Baking plate for baking ovens* (WO 2013024152A1). World Intellectual Property Organization.
- [10] ASIA Engineering PAC. *What Food Processing Machinery Is Available and Why Is It Important?* [Online] [Hivatkozva: 2025. március 31.]. Elérhető: <https://www.asiaengineeringpac.co.th/en/blog/8720/machines-in-food-industry>.
- [11] Bagyinszki, G., Borossay, B., Kári-Horváth, A., Kovács-Coskun, T., Mucsi, A., Németh, A., Pálinkás, I., Szakál, Z., and Zsidai, L. (2012). *Anyagtechnológiák*. Typotex Kiadó.
- [12] USDA Food Safety and Inspection Service. (2015). *Basics for handling food safely*.
- [13] Chavan, R. S., Sandeep, K., Basu, S., and Bhatt, S. (2016). Biscuits, cookies, and crackers: Chemistry and manufacture. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 437–444).
- [14] Iron Foundry. *Cast Iron Brinell Hardness* [Online] [Hivatkozva: 2025. június 06.]. Elérhető: <https://www.iron-foundry.com/cast-iron-hardness-ductile-gray-iron.html>

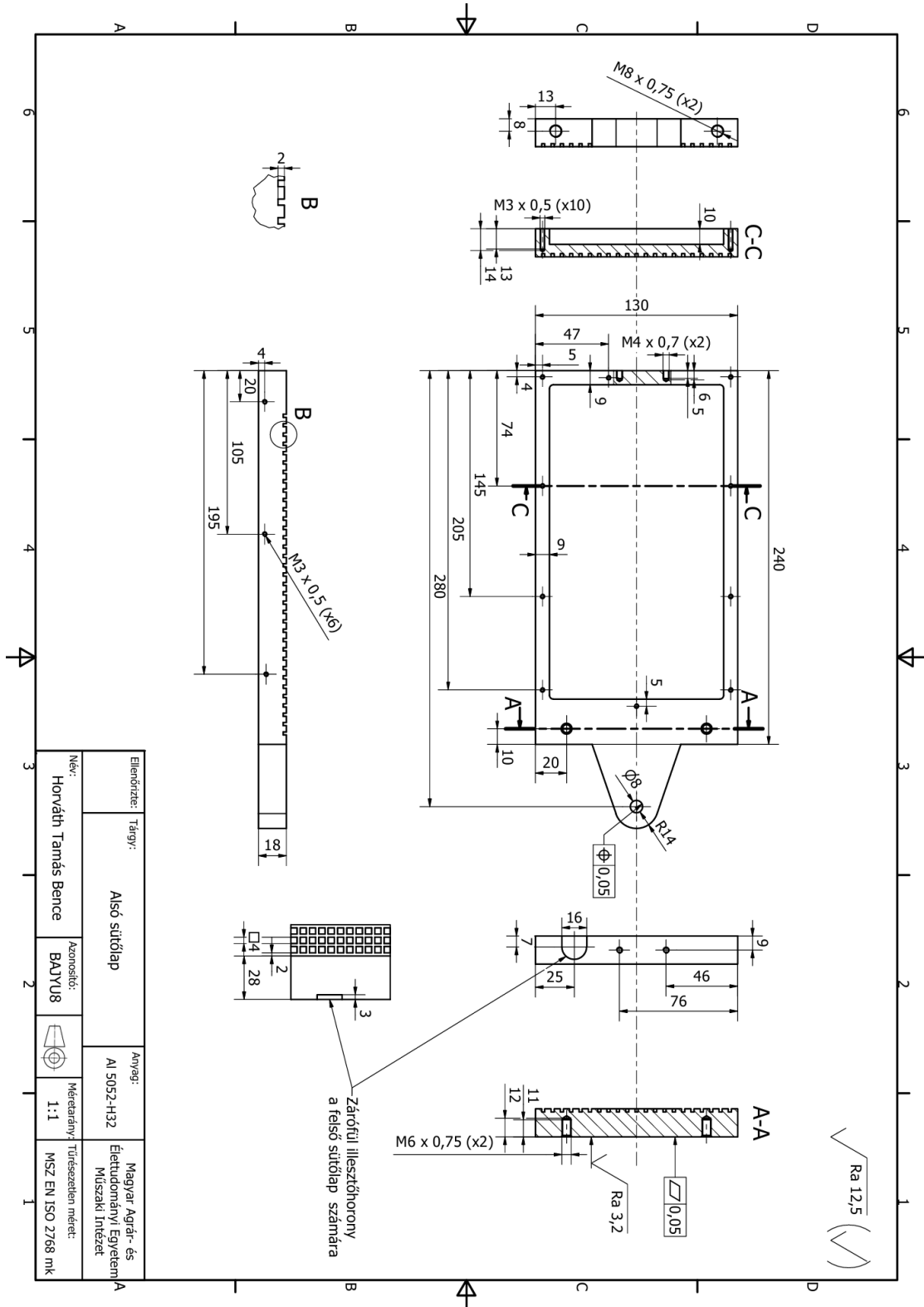
- [15] Maatta, J., Piispanen, M., Kuisma, R., Kymalainen, H. R., Uusi-Rauva, A., Hurme, K. R., Areva, S., Sjoberg, A. M., and Hupa, L. (2007). Effect of coating on clean ability of glazed surfaces. *Journal of the European Ceramic Society*, 60. kötet, old.: 27.
- [16] Lee, J.-G., Hwang, J.-Y., Lee, H.-E., Kim, T.-H., Choi, J.-D., and Gil, J. (2019). Effects of food processing methods on migration of heavy metals to food. *Applied Biological Chemistry*, 62. kötet
- [17] Nerín, C., Aznar, M., and Carrizo, D. (2016). Food contamination during food process. *Trends in Food Science and Technology*, 48.kötet, old.: 63–68.
- [18] Breitner, A. (2016). Food grade lubricants and their regulation. *Tribology and Lubrication Technology*, old.: 26–30.
- [19] FormLabs. *The Essential Guide to Food Safe 3D Printing: Regulations, Technologies, Materials, and More*. [Online] [Hivatkozva: 2025. április 9.]. Elérhető: https://formlabs.com/blog/guide-to-food-safe-3d-printing/?srsltid=AfmBOoqj8ZLM6_gsPX5mnl_u_flenCbFTOGSt0ykOpOx52zAokPJAgAP.
- [20] Betonopus, *Gyakrabban előforduló anyagok anyagsűrűsége* [Online] [Hivatkozva: 2025. június 23.]. Elérhető: <https://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/anyagsuruseg.pdf>
- [21] Sperber, W. H., and Stier, R. F. (2009). Happy 50th birthday to HACCP: Retrospective and prospective. *FoodSafety*, old.: 42-46.
- [22] Lachance, P. A. (1997). How HACCP started. *Food Technology*.
- [23] Zeratsky, K. (2024). How long can you safely keep leftovers in the refrigerator? *Nutrition and Healthy Eating*.
- [24] Interflon Hungary Kft. (2019. augusztus 10.). *Az Interflon megszerezte az ISO 21469 minősítést*. [Online] [Hivatkozva: 2025. április 10.]. Elérhető: <https://interflon.com/hu/news/interflon-megszerezte-az-iso-21469-min%C5%91s%C3%ADt%C3%A9st>
- [25] Farkas, J. (2005). *A HACCP-rendszer és a kockázatelemzés alapismeretei*. Budapesti Corvinus Egyetem.
- [26] Kalászi, I. (1962). *Hűtő-kenő folyadékok alkalmazása a forgácsolásnál különös tekintettel az újabb hazai és külföldi tapasztalatokra*. Budapest, Mérnöki Továbbképző Intézet.
- [27] Barnes, K., Sinclair, R., and Watson, D. (2007). *Chemical migration and food contact materials*. ISBN 1-8469-029-X.
- [28] Tiefenbacher, K., Haas, F., and Haas, J. (1991). *Process for manufacturing decomposable thin-walled starch based mouldings* (EP0513106B1). European Patent Office.
- [29] Lukács Munkavédelem. HACCP. [Online] [Hivatkozva: 2025. március 10.]. Elérhető: <https://lukacsmunkavedelem.hu/haccp/>.

-
- [30] Magyar Kormány. (1998). Magyar Élelmiszerkönyv 1-2-18/1993 számú előírása: *A veszélyelemzés, kritikus szabályozási pontok (HACCP) rendszerének alkalmazása.*
- [31] Márton, T. D., Plósz, A., and Vincze, I. (2017). *Anyag- és gyártásismeret* (old.: 101–103). Műszaki Könyvkiadó.
- [32] Muncke, J. (2013. április 22.). *Migration*. Food Packaging Forum. [Online] [Hivatkozva: 2025. április 4.] Elérhető: <https://foodpackagingforum.org/resources/background-articles/migration>
- [33] Oexmann, T. (2008). *Device for the production of wrapped wafer cones for individual wafer, comprises baking molds movably coupled to each other over a stretch of way, and having a lower mold and an upper mold* (DE102008045832A1). German Patent Office.
- [34] PalyazatSugo. (2024. november 5.) *HACCP oktatás*. [Online] [Hivatkozva: 2025. március 11.]. Elérhető: <https://palyazatsugo.hu/haccp-oktatas/>.
- [35] Moens, E. (2003). Production and use of food-grade lubricants. *Trends in Food Science and Technology*, 14. kötet, old.: 157-162.
- [36] European Parliament and Council of the European Union. (2004). *Regulation (EC) No 1935/2004 of the European Parliament and of the Council of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC*. Official Journal of the European Union.
- [37] Scasteel Foodtech. *Food Machinery and Solutions Catalog by ScanSteel FoodTech*. [Online] [Hivatkozva: 2025. március 25.]
- [38] International Organization for Standardization. (2018). ISO 22000:2018 *Élelmiszerbiztonsági irányítási rendszer*. ISO.
- [39] The Engineering ToolBox *Thermal Conductivity of Metals and Alloys* [Online] [Hivatkozva: 2025. június 23.]. https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-metals-d_858.html
- [40] The Safer Food Group. (2010). *Preparing for "Natasha's Law"*. [Online] [Hivatkozva: 2025. április 1.]. Elérhető: <https://www.thesaferfoodgroup.com/knowledge/?p=362>.
- [41] Tiefenbacher, K. (2009). *Handbook of wafer technology*. Franz Haas Waffel- und Keksanlagen-Industrie GmbH. Leobendorf, Austria
- [42] European Union. (2011). *EU Food Information for Consumers Regulation 1169/2011*. Official Journal of the European Union.
- [43] U.S. Department of Health and Human Services. (2023, September 19). *Cold food storage chart*. [Online] [Hivatkozva: 2025. április 2.]. Elérhető: <https://www.foodsafety.gov/food-safety-charts/cold-food-storage-charts>.

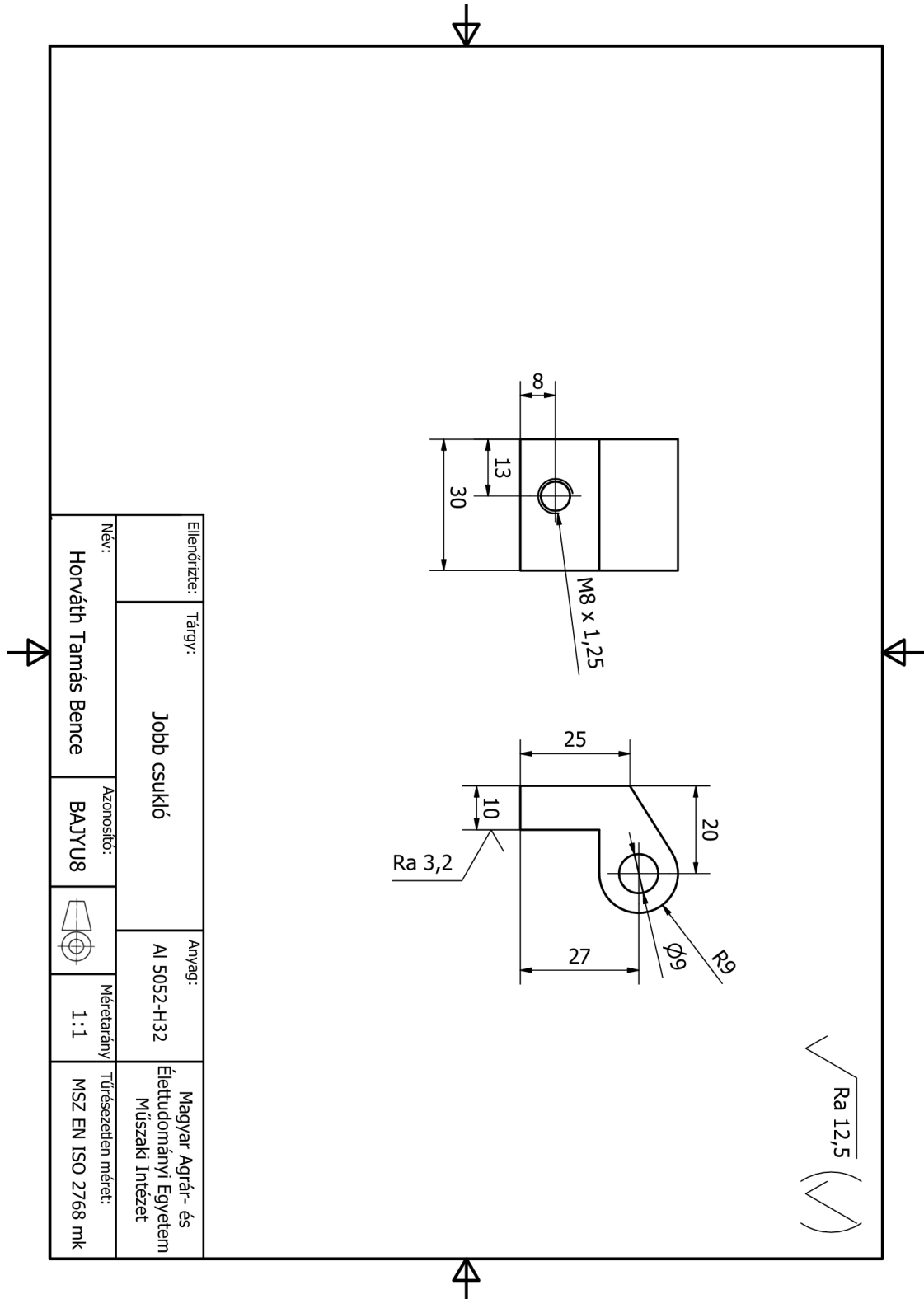
-
- [44] U.S. Food and Drug Administration. (2024. május 4.). *Safe food handling*. [Online] [Hivatkozva: 2025. április 8.] Elérhető: <https://www.fda.gov/food/buy-store-serve-safe-food/safe-food-handling>
- [45] Huber, R., Kals, G., and Schoenlechner, R. (2017). Waffle production: Influence of baking plate material on sticking of waffles. *Food Engineering, Materials Science, and Nanotechnology*, 82. kötet, old.: 61-68.
- [46] Williamson, M. (2003, január). *Food-grade lubricants explained*. Machinery Lubrication by Noria. [Online] [Hivatkozva: 2025. április 1.]. Elérhető: <https://www.machinerylubrication.com/Read/445/food-grade-lubricants>.
- [47] World Health Organization. (2006). *Prevention of foodborne disease: Five keys to safer food*. [Online] [Hivatkozva: 2025. április 2.]. Elérhető: <http://www.who.int/foodsafety/consumer/5keys/en/>.
- [48] Xometry Pro. (2023. december 11.). *Food-safe 3D printing: Design tips, materials and finishes*. [Online] [Hivatkozva: 2025. április 1.]. Elérhető: <https://xometry.pro/en-eu/articles/3d-printing-food-safe/>
- [49] Ziegler, J. *Gépek*. Ziegler Kft. [Online] [Hivatkozva: 2025. május 5.]. Elérhető: <https://ziegler.hu/gepek/>.
- [50] Ziegler Kft. *ZJ-TAL 24 automata-ostyasütő gép*. [Online] [Hivatkozva: 2025. május 30.]. Elérhető: <https://3303-hu.all.biz/zj-tal-24-automata-ostyasutogep-g16855>

11. Mellékletek jegyzéke

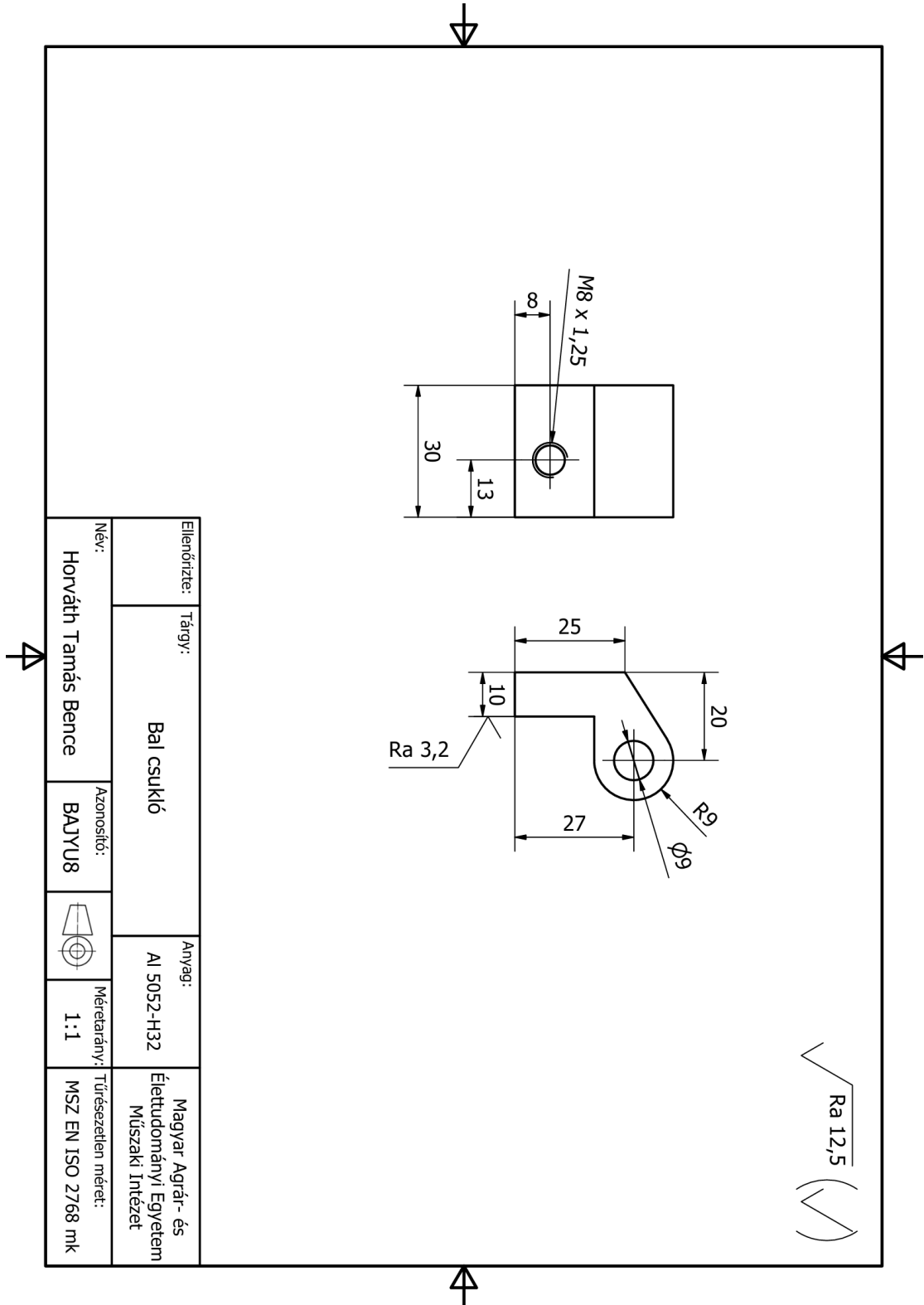
1. sz. melléklet: Felső sütőlap műhelyrajza
2. sz. melléklet: Alsó sütőlap műhelyrajza
3. sz. melléklet: Jobb oldali csukló műhelyrajza
4. sz. melléklet: Bal oldali csukló műhelyrajza
5. sz. melléklet: Tengely műhelyrajza
6. sz. melléklet: 5052-H32 alumínium ötvözet főbb adatai
7. sz. melléklet: Munkadarab ütköztető ülék műhelyrajza
8. sz. melléklet: Helyzetmeghatározó elem műhelyrajza
9. sz. melléklet Készülék összeállítási rajza



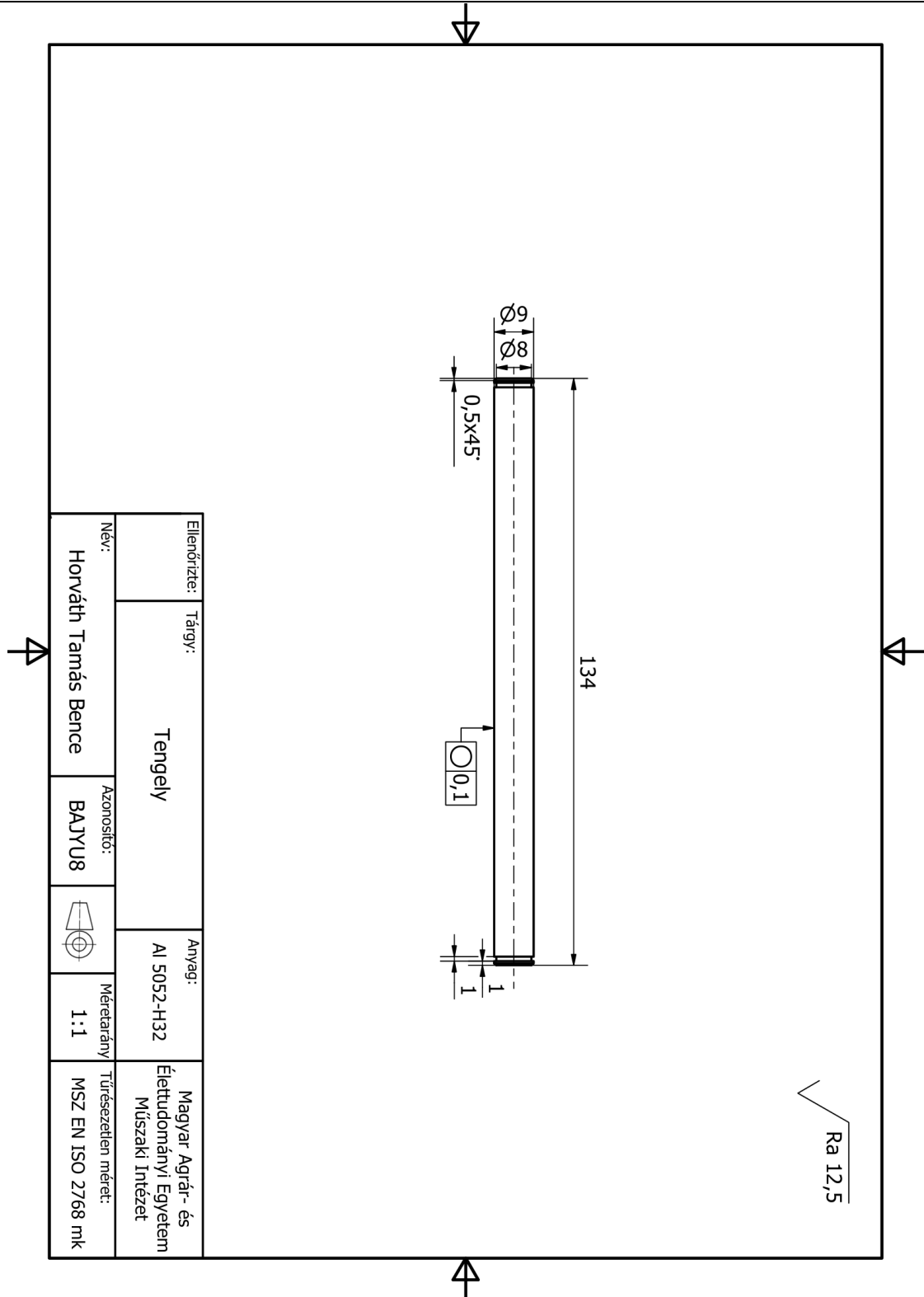
2. számú melléklet



3. számú melléklet



4. számú melléklet



5. számú melléklet

5052-H32 alumínium ötvözet főbb adatai

Kémiai összetétel (tömeg%) [4], [5]

Kémiai Elem	Min. [%]	Max. [%]
Mangán (Mn)	0	0,1
Vas (Fe)	0	0,4
Réz (Cu)	0	0,1
Magnézium (Mg)	2,2	2,8
Szilícium (Si)	0	0,25
Cink (Zn)	0	0,1
Króm (Cr)	0,15	0,35
Egyéb	0	0,15

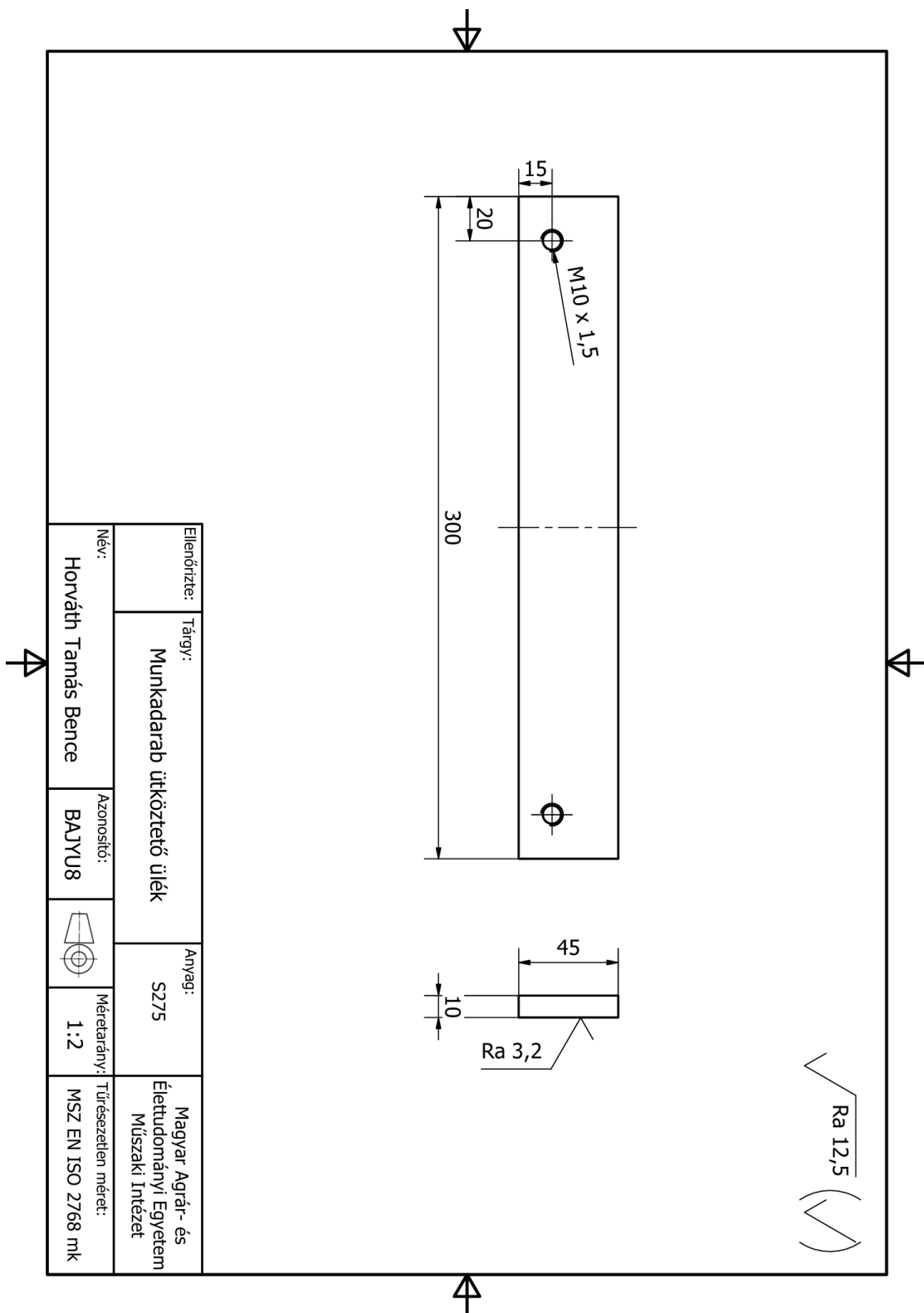
Mechanikai tulajdonságok [4], [5], [6]

Tulajdonság	Érték
Szakítószilárdság	210–230 MPa
Nyúlás	7–12%
Keménység (Brinell)	70-90 HB
Folyáshatár	160 MPa
Rugalmassági modulus	70 GPa

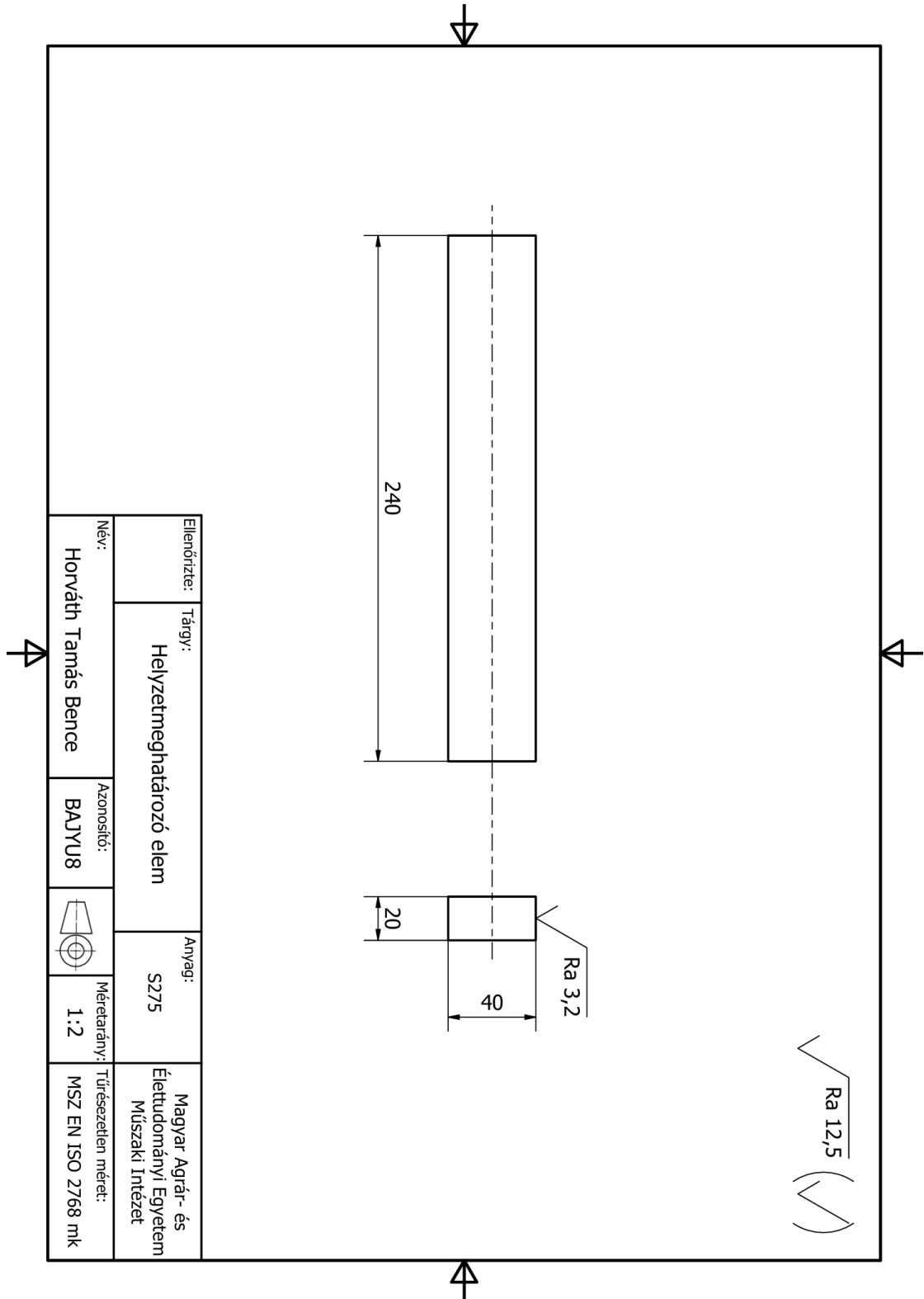
Fizikai tulajdonságok [4], [6]

Tulajdonság	Érték
Sűrűség	2,68 g/cm ³
Olvadáspont	605 °C
Hőtágulás	23,7 x10 ⁻⁶ /K
Hővezető képesség	138 W/mK
Elektromos ellenállás	0,0495 x10 ⁻⁶ Ω .m

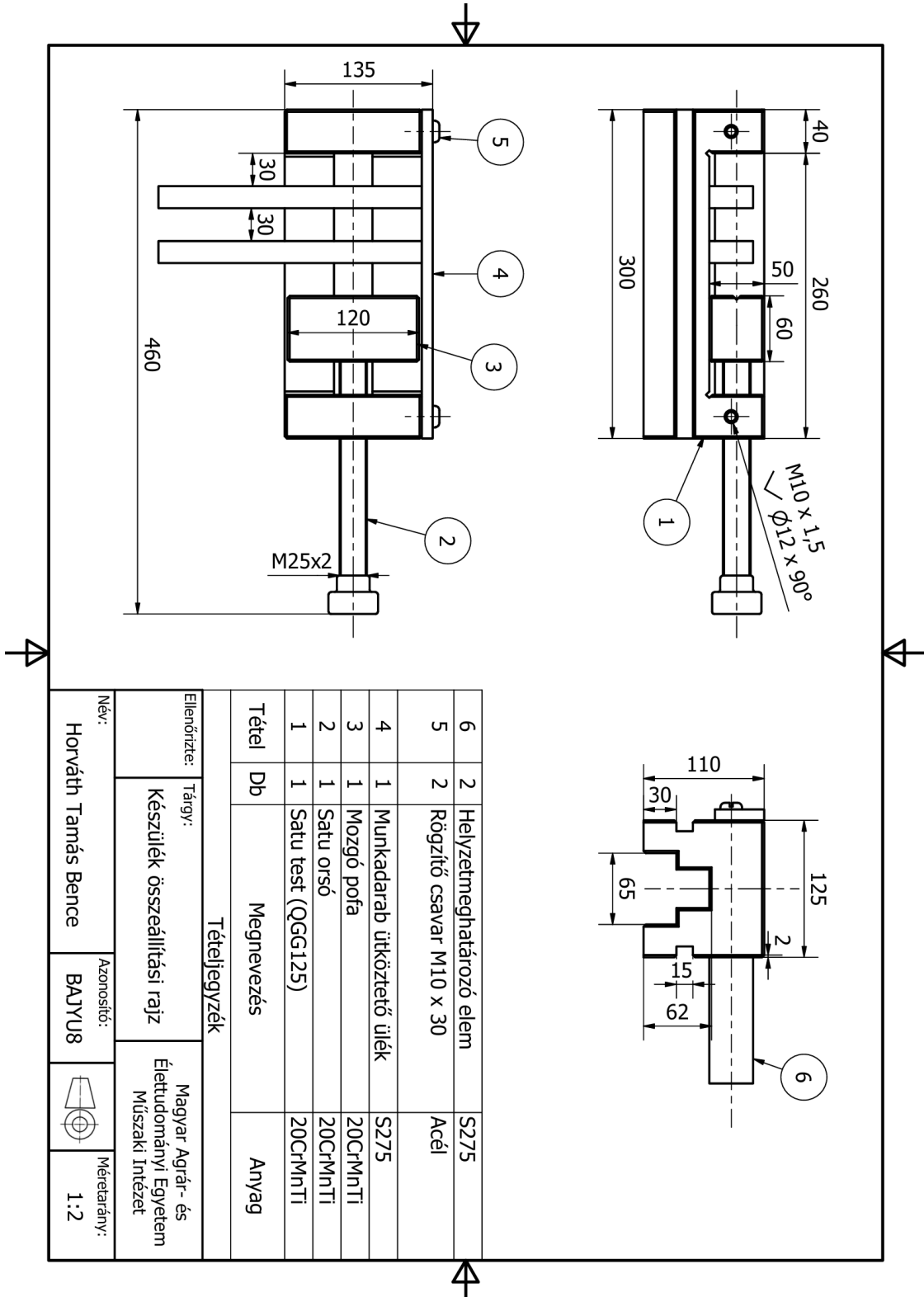
6. számú melléklet



7. számú melléklet



8. számú melléklet



9. számú melléklet