

A műanyag és a gumi megőrzése

Julia Fenn és R. Scott Williams

A műanyag és gumi megőrzése a Kanadai Restaurálási Intézet Állományvédelmi Irányelvek című online forrásanyagának részét képezi. Ez a rész a muzeális intézményekben található műanyag és gumi alapanyagú műtárgyak megőrzésének legfontosabb szempontjait mutatja be a megelőző műtárgyvédelem és kockázatkezelés elveit követve.

Tartalomjegyzék

1. Mi is a műanyag és a gumi?
 - 1.1 Műanyagok, gumik és elasztomerek
 - 1.2 Hőre lágyuló és hőre keményedő műanyagok
 - 1.3 Veszélyes műanyagok
 - 1.4 A műanyagok azonosítása
2. A műanyagok és gumik károsodásának okai, megelőző műtárgyvédelmi stratégiák
 - 2.1 A műanyagokra általánosságban veszélyt jelentő tényezők
 - 2.1.1 Adatvesztés
 - 2.1.2 Rablás és vandalizmus
 - 2.1.3 Kártevők
 - 2.1.4 Nedvesség
 - 2.1.4.1 Javaslatok
 - 2.1.5 Tűz
 - 2.1.5.1 A cellulóz-nitrát gyúlékonysága
 - 2.1.5.2 Javaslatok

2.2 A műanyagokra kifejezetten veszélyt jelentő tényezők

2.2.1 Fizikai behatások

2.2.1.1 Javaslatok

2.2.2 Szennyező anyagok

2.2.2.1 Javaslatok

2.2.3 Fény és UV-sugárzás

2.2.3.1 Javaslatok

2.2.4 Nem megfelelő hőmérséklet

2.2.4.1 Magas hőmérséklet hatásai

2.2.4.2 Hőmérséklet és fizikai tulajdonságok

2.2.4.3 Alacsony hőmérséklet hatásai

2.2.4.4 Milyen esetben tároljuk a műanyagokat hűvös (4°C, hűtőszekrény) vagy hideg (-20°C, mélyhűtő) körülmények között?

2.2.4.5 Hőmérséklet-ingadozás

2.2.4.6 Javaslatok

2.2.5 Nem megfelelő relatív páratartalom

2.2.5.1 65%-nál magasabb relatív páratartalmú környezet

2.2.5.2 0% fölötti relatív páratartalom

2.2.5.2.1 Hidrolízis

2.2.5.2.2 Megduzzadás

2.2.5.2.3 Nedvesség okozta lágyulás

2.2.5.2.4 Lerakódások nedvesség hatására történő elfolyósodása

2.2.5.3 A relatív páratartalom ingadozása

2.2.5.3.1 A nedvesség felszívódásának mértéke a relatív páratartalom változásának függvényében

2.2.5.4 Javaslatok

2.3 Tárolási stratégiák a veszélyes műanyagokat tartalmazó vegyes anyagú gyűjtemények számára

2.3.1 Alapvető tárolási eljárások

2.3.2 Optimális tárolási eljárások

2.3.3 Veszélyes műanyagokat tartalmazó vegyes gyűjtemények tárolása – öt lépésben

2.3.3.1 1. lépés: Különítsük el a károsodások nyomait mutató műanyagokat

2.3.3.2 2. lépés: Ellenőrizzük a károsodások nyomait nem mutató műanyagok savas kibocsátását

2.3.2.3 3. lépés: Azonosítsuk be a potenciálisan veszélyes műanyagokat

2.3.3.4 4. lépés: Hogyan bánjunk a korrozív műanyagokkal?

2.3.3.4.1 Hűvös (4°C) és hideg (-18°C) tárolás

2.3.3.4.2 Szorbensek

2.3.3.4.3 Alkalmazás

2.3.3.4.4 Speciális szellőzéssel és szűrőkkel ellátott kijelölt terület

2.3.3.5 5. lépés: Tisztítás

2.3.3.5.1 Károsodás veszélye a tisztítás során

2.4 A krezolvörös és módosított brómkrezolzöld indikátorok használata és összetétele

2.4.1 Krezolvörös (a cellulóz-nitrát monitorozásához)

2.4.2 Brómkrezolzöld (a cellulóz-acetát monitorozásához)

3. Megelőző műtárgyvédelemi módszerek alkalmazása

3.1 A veszélyes műanyagok elkülönítése a gyűjtemény többi részétől

3.1.1 A cellulóz-nitrát tárgyak fém alkotóelemeinek korróziója

3.2 Egy tárgy inkompatibilis alkotóelemeinek elkülönítése a műtárgy többi részétől

3.2.1 Adalékanyagok kiválása és lerakódása a tárgy felületére

3.3 A veszélyes műanyagok helyettesítése inert anyagokkal

3.3.1 A cellulóz nitrát károsító bomlástermékei

3.4 Megfelelő tárolás kiválasztása a kompozit anyagokban fellelhető legkevésbé stabil anyagok alapján

3.4.1 A cellulóz-nitrát lebomlása és a bomlástermékek negatív hatásai

4. Bibliográfia és ajánlott irodalom (angol nyelven)

4.1 Bibliográfia

4.2 Ajánlott irodalom

Rövidítések és szimbólumok listája

Rövidítések	Megnevezés
ABS	akrilonitril-butadién-sztirol
AU	poliuretán, poliészter típusú
BR	polibutadién gumi
CA	cellulóz-acetát
CAB	cellulóz-acetát-butirát
CCI	Canadian Conservation Institute (Kanadai Restaurálási Intézet)
CDA	cellulóz-diacetát
CF	kazein-formaldehid
CME	nedvességexpánziós koefficiens (nedvességtágulási együttható)
CN	cellulóz-nitrát
COC	cikloolefin-kopolimer
CP	cellulóz propionát
CPVC	klórozott polivinil-klorid
CR	polikloroprén gumi
CTA	cellulóz-triacetát
CTE	hőtágulási együttható
ECTFE	etilén klór-trifluor-etilén
EP	epoxi
EPDM	etilén-propilén-dién monomer gumi
ESC	környezeti hatásokra bekövetkező feszültségrepedezés
ETFE	etilén-tetrafluoretilén
EU	poliuretán, poliéter típusú
EVA	etilén-vinil-acetát
EVOH	etilén-vinil-alkohol
FEP	fluorozott etilén-propilén
FSI	fluor-szilikon
HDPE	nagy sűrűségű polietilén
HDT	behajlási hőmérséklet
HIPS	nagy ütésállóságú polisztirol
IIR	izopropilén-izoprén (butilgumi)
IR	poliizoprén
IRS	infravörös spektroszkópia
LDPE	kis sűrűségű polietilén
LLDPE	lineáris kis sűrűségű polietilén
MDPE	közepes sűrűségű polietilén
MF	melamin-formaldehid
NBR	akrilonitril-butadién
NR	poliizoprén, természetes gumi

PA	poliamid
PAN	poliakrilnitril
PB	polibutilén
PBT	polibutilén tereftalát
PC	polikarbonát
PCTFE	poliklór-trifluor-etilén
PDF	hordozható dokumentumformátum
PE	polietilén
PET	polietilén-tereftalát
PF	fenol-formaldehid
PFA	perfluor-alkoxi-alkán
PI	poliimid
PLA	politejsav
PMMA	polimetil-metakrilát
PMP	polimetilpentén
POM	polioximetilén, vagy más néven poliacetál
PP	polipropilén
PS	polisztirol
PTSE	polisztiroltrifluormetilén
PVAC	polivinil-acetát
PVAL	poli(vinil-alkohol)
PVB	polivinil-butiral
PVC	poli-vinil-klorid
PVDC	poli-vinilidén-klorid
PVDF	polivinilidén-fluorid
PVF	polivinilfluorid
PUR	poliuretán
TPU	hőre lágyuló poliuretán
RH	relatív páratartalom
SAN	sztírol-akrilnitril kopolimer
SBR	sztirén butadién
SI	szilikon
UF	karbamid-formaldehid, más néven karbamid-metanál
UHMWPE	ultranagy molekulásúlyú polietilén
UP	telítetlen poliészter
UV	ultraviola
XLPE	térhálósított polietilén

Szimbólumok	Megnevezés
°C	Celsius
T_{rideg}	ridegedési hőmérséklet
T_g	üvegesedési hőmérséklet

1. Mi is a műanyag és a gumi?

A gyűjteményekben helyet kapó műanyagok megőrzése kihívást jelent múzeumok számára. A műanyagok új anyagosztályt képviselnek, egyedi gyengeségeik kevésbé ismertek és degradációjuk, valamint az ebből eredő elváltozások gyakran váratlanul következnek be. A kiállításokban és raktárakban alkalmazott hagyományos tárolási módszerek felgyorsítják a műanyagok állagromlását, az ebből fakadó kémiai és fizikai károsodások erősen korrozívak és visszafordíthatatlanok, eltorzítják a tárgyak esztétikai megjelenését – és nagyrészt helyrehozhatatlanok is. Sokféleségük és sokoldalúságuk miatt a 19. században történt megjelenésük óta egyre szélesebb körben kezdték használni a műanyagokat. Sajnos történelmük első felében időtálló tulajdonságaikat nem ismerték jól. A régebbi műanyag tárgyak gyorsabban és többféleképpen károsodhatnak, mint a hagyományos, manapság megszokott anyagokból készült tárgyak. Az újabb típusú műanyagok viszont a tervezett elavulás, például a biológiai lebonthatóság következtében bomlanak le gyorsabban.

1.1 Műanyagok, gumik és elasztomerek

A műanyagok kémiai összetétele és felépítése összetett. Tartalmazzák a műanyag nevét adó alappolimert [pl. polietilén (PE), polisztirol (PS), polivinil-klorid (PVC), fenol-formaldehid (PF)], valamint olyan adalékanyagokat, amelyek módosítják az alappolimer inherens tulajdonságait, annak érdekében, hogy a műanyag a végfelhasználásának megfelelő tulajdonságokat kapjon. Így az azonos polimertípusból készült különböző műanyagok eltérő tulajdonságokkal rendelkezhetnek, az adalékanyagok változó tulajdonságaitól függően. A változó tulajdonságok közé tartozhatnak a molekulaméret (például molekulatömeg, polimerizációs fok) és a molekulák térbeli elrendeződése (például lineáris, elágazó, térhálósított). A műanyag tulajdonságait a felhasznált adalékok típusai is befolyásolják (pl. lágyítók, csúsztatószerkezetek, színezékek, ultraibolya (UV) abszorberek, hőstabilizátorok, antioxidánsok, valamint ásványi és szerves töltőanyagok).

A gumik is műanyagok abban az értelemben, hogy alappolimereket és adalékanyagokat tartalmazó bonyolult kémiai összetétellel rendelkeznek. A gumik a műanyagok egyik altípusát képezik. Alaptulajdonságuk a rugalmasság – képesek visszanyerni alakjukat és méretüket deformálódás esetén. A gumik közé tartozik a természetes gumi [amely növényi nedvből természetesen előállított poliizoprén (PI) tartalmaz] és a szintetikus gumik, például a szintetikus poliizoprén (IR), polibutadién (BR), polikloroprén (CR) és szilikon (SI). A gumiszerű, rugalmas műanyagokat elasztomereknek is nevezik.

Ebben a dokumentumban a "műanyagok" kifejezést használjuk az összes műanyagtípus megnevezésére, beleértve a gumit és elasztomert is. Amikor növényi nedvből készült gumiszerű elasztomer tárgyról esik szó, a „természetes gumi” kifejezést használjuk.

Az 1. táblázat felsorol néhány, múzeumi gyűjteményekben megtalálható műanyagot (beleértve azok rövidítését, közismert elnevezését és kereskedelmi elnevezéseit) és az azokból készült jellegzetes műanyag tárgyakat.

1. táblázat: Rövidítések, általános nevek és kereskedelmi nevek, valamint a műanyagok gyakori előfordulásai a gyűjteményekben

Műanyag	Rövidítés	Közismert és kereskedelmi elnevezés	Előfordulásuk a gyűjteményekben
Hőre lágyuló műanyagok			
Cellulóz-nitrát	CN	celluloid French ivory/francia elefántcsont Piralin Piraxilin Xilonit	Természetes anyagok utánzatai: ruhatartozékok (gombok, ékszerek), piperecikkek, tokok, támasztékok
Cellulóz-észter		Bexoid Tenite	Természetes anyagok utánzatai: ruhatartozékok, piperecikkek, tokok, támasztékok, készülékdobozok, szintetikus rostok
Cellulóz-acetát	CA		
Cellulóz-acetát-butirát	CAB		
Cellulóz-propionát	CP		
Polietilén	PE	Ethafom Tupperware	fényáteresztő műanyagok, tartályok, játékok, csomagolóhabok, lapok és fóliák
Kis sűrűségű polietilén	LDPE		
Lineáris kis sűrűségű polietilén	LLDPE		
Nagy sűrűségű polietilén	HDPE		
Nagyon nagy molekulatömegű polietilén	UMHWPE		
Térhálós polietilén	XLPE		
Polipropilén	PP	Coroplast	fényáteresztő műanyagok, tartályok, játékok, műanyag lapok, fóliák
Polisztirén	PS	Styrofoam Lustrex	Kemény, gyakran átlátszó műanyag tartozékok (kapcsok, ékszerek, gombok), tárolódobozok, csomagoló- és szigetelőhab, tokok, autó-, vonat- és repülőgép makettek
Akrilnitril-Butadién-Sztiról	ABS		
Sztiról-akrilnitril	SAN		

Polimetil-metakrilát	PMMA	Plexiglas Perspex	Kemény, legtöbbször átlátszó, néha színezett lemezek, jelzőtáblák, ruházati kellékek, extrudált lemezek
Polikarbonát	PC	Lexan Makrolon	Kemény, legtöbbször átlátszó, néha színezett lemezek, táblák, tárolódobozok, extrudált lemezek
Polivinil-acetát	PVAC	faipari ragasztó	Emulziós és melegen olvadó ragasztók, lemezek és fóliák
Polivinil-alkohol	PVA		Laminált élelmiszer-csomagolófóliák, ragasztók
Polivinil-klorid	PVC		Rugalmas ruházati kellékek, például övek, műbőr; merev tartozékok, fogantyúk és kapcsok, ékszerek; lapok és fóliák; játékok
Poliamid PA 4 PA 6 PA 4.6 PA 6.6 PA 11 PA 12 PA 6.10 (a számok az amidban és a savban megtalálható szénatomok számára vonatkoznak)	PA	Nylon Zitel	Piperecikkek (fésűk, fogkefék), mechanikai alkatrészek (fogaskerekek, kerekek, merev védőburkolatok), szálak és szövet
Polioximetilén	POM	Docacetal	Mechanikai alkatrészek
Polietilén teraftalát	PET	Melinex Mylar	Lemezek és fóliák, palackok, tálcák, textíliák, ruházat
Fluoropolimer Politetrafluoretilén Fluorozott etilén propilén Etilén tetra-fluor- etilén Trifluor-klóretilén Polivinilidén-fluorid Perfluor-alkin	PTFE FEP ETFE ECTFE PVDF PFA	Teflon Teflon Tefzel Halar Kynar Teflon	Tapadásmentes, súrlódást csökkentő bevonatok, például edényeken, csapágyakon, fogaskerekeken

Hőre keményedő műanyagok			
Kazein-formaldehid	CF	Ameroid Erinoid Galalith Lactoid	Nem átlátszó műanyag ruhatartozékok és piperecikkek (gyöngyök, gombok, csatok), kötőtű, tollak
Melamin-formaldehid	MF	Arborite Formica Melmac Perstorp	Étkészletek, magas nyomású laminált lapok
Fenol-formaldehid	PF	Bakelite Catalin Durez Marblette	Korai öntött műanyagok, különösen elektromos készülékekben, szigetelő tulajdonságaik miatt; öntött ruhaékszerek és kiegészítők
Karbamid-formaldehid	UF	Bandalasta Plaskon	Evőeszközök, ruhaékszerek
Epoxigyanta	EP	Araldite	Ragasztó, öntött és fröccsöntött műanyag tárgyak
Poliuretán	PUR	többféle hab	Szövetbevonatok, amelyek vízállóak és nedves megjelenést biztosítanak, műbőr és velúr; habszivacs betétek kalappántokban, vállpárnák, mellpárnák; csomagoló- és szigetelőhabok
Szilikon (polisziloxán, dimetil-polisziloxán)	SI	RTV Silastic	Tömítések; öntőformák
Telítetlen poliészter	UP	Üvegszállal megerősített gyanta és műanyag	Csónakok, szobrok, tartályok, tokok és védőszerkezetek
Keménygumi		Ebonit	Ékszerek, fúvós hangszerek, villamos szigetelők, vegyszertartályok

Gumifélék (rugalmas)			
Poliizoprén természetes kaucsuk	- NR	természetes füstölt gumilemez	Vízálló bevonatok, gumiruházat, rugalmas ruhadarabok, rugalmas szövetek és cernák, fürdősapkák, lábbelik, babák, játékok, elektromos szigetelők
Poliizoprén (szintetikus) izopréngumi	- IR	Ameripol SN Natsyn	Tömítések, lökhárítók, rezgésszigetelők, rugalmas alkatrészek, pattanós tárgyak, habok
Polibutadién	BR	Buna CB	
Akrilnitril-butadién kaucsuk	NBR	Perbunan N BunaN	
Sztirol-butadién gumi	SBR	SBR Plioflex	
Izobutilén-izoprén	IIR	Butyl	
Etilén-propilén-dién-monomer	EPDM	Vistalon	
Polikloroprén	CR	Neoprene	
Szilikon	SI	Elastosil	
Fluorszilikon	FSI	Sylastic Sylon	
Poliészter-poliuretán	AU	AdiPRENE	
Poliéter-poliuretán	EU	PUR	

1.2 Hőre lágyuló és hőre keményedő műanyagok

A műanyagokat termikus tulajdonságaik szerint két csoportba soroljuk: hőre lágyuló vagy hőre keményedő műanyagok. A hőre lágyuló műanyagok megolvadnak, a hőre keményedő műanyagok elszenesednek. Az elasztomerek lehetnek hőre lágyulóak vagy hőre keményedőek. Hasznát vehetjük ennek a felosztásnak abban az esetben, ha meg akarjuk határozni egy adott műanyagtípus tulajdonságait: kúszás, maradandó összenyomódás, oldhatóság, kiválás, az olvadás és a szilárdság. A 2. táblázat a hőre lágyuló és a hőre keményedő műanyagok tulajdonságainak összehasonlítását mutatja be.

2. táblázat: A hőre lágyuló és hőre keményedő műanyagok tulajdonságainak összehasonlítása

Hőre lágyuló	Hőre keményedő
Megolvasztható (vagy megpuhítható)	Nehéz megolvasztani, helyette elszenesedik
Öntik vagy extrudálják	Polimerizációval formázzák az öntés során, vagy műanyag tömbök gépi megmunkálásával
Molekuláris szerkezete lineáris, nem térhálósított	Általában térhálósított, térhálós szerkezetű polimerek
Nyomás alatt megnyúlik és deformálódik	Minimális kúszás
Oldódik	Nem oldódik

1.3 Veszélyes műanyagok

A műanyagok többféle anyagból készülnek, ennél fogva esetükben különféle, gyakran nem várt károsodások következhetnek be. A múzeumi gyűjteményeket érintő műtárgyvédelmi felmérések azt mutatják, hogy a műanyagokat érintő kémiai jellegű degradáció túlnyomórészt leszűkíthető a műanyagtípusok egy kisebb csoportjára:

- Cellulóz-nitrát (CN)
- Cellulóz-acetát (CA)
- Polivinil-klorid (PVC)
- Poliuretán (PUR), főként a PUR hab
- Gumi, különösen a természetes alapanyagú keménygumik (ebonit, vulkanit).

Ráadásul a fent említett műanyagok, valamint a karbamid-formaldehid (UF), manapság leginkább ragasztók és kötőanyagok összetevőjeként fordulnak elő továbbfeldolgozott faalapú termékekben. Ezekből káros bomlástermékek szabadulhatnak fel, amelyek károsíthatják a műtárgyakat. Állapotromlásuk előrehaladásával egyre veszélyesebbé

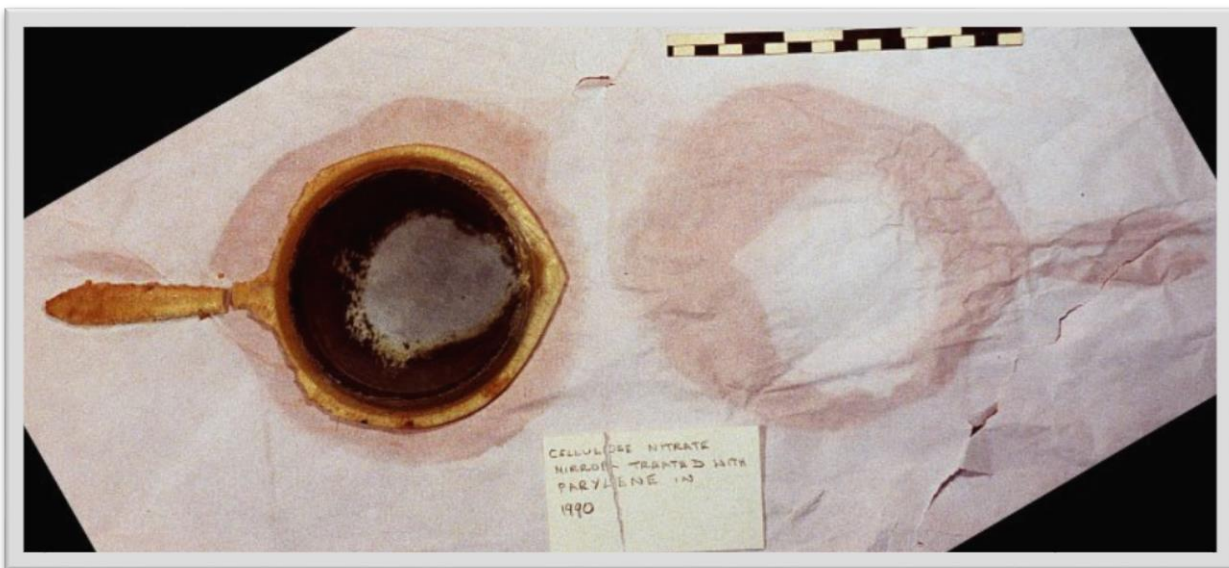
válhatnak környezetükre, roncsolva és károsítva a közvetlen közelségükben található tárgyakat és csomagolóanyagokat.

Azokat a műanyagokat, amelyek veszélyt jelentenek a mellettük elhelyezett tárgyra „veszélyes műanyagoknak” hívjuk. A károsodás bekövetkezhet a korrozív hatású anyagok tárgyról-tárgyra történő átvitelével, a veszélyes műanyaggal történő érintkezés során (pl. kénsav az ebonit felületén), vagy a veszélyes műanyagok által kibocsátott mérgező gázok áttérjedésével a gyűjtemény más pontjain elhelyezkedő tárgyra (pl. nitrogén oxidok a cellulóz-nitrátból és kén-oxidok a vulkanizált gumiból). Még a viszonylag inert műanyagok is, mint pl. az akrilok, magukba szívhatják a szennyező anyagokat, így szennyezetté és korrozív hatásúakká válhatnak. Veszélyességük miatt állományvédelmi szempontból a fentebb felsorolt műanyagtípusokra kell a legnagyobb figyelmet fordítani.

Az idő múlásával minden műanyag lebomlik, a szerves anyagokhoz hasonlóan, de a legtöbb műanyag esetében az állapotromlás csak önmagára vonatkozik, és nem jelent veszélyt a körülötte elhelyezkedő tárgyra. Ezek a „nem veszélyes műanyagok” nem jelentenek veszélyt a gyűjteményre, hacsak nem abszorbeáltak ártalmas illékony összetevőket, amiket idővel leadhatnak.

A potenciálisan veszélyes műanyagok beazonosítása nem egyszerű feladat. Egy nem veszélyes műanyagból, pl. kazein-formaldehidből (CF) készült fésűlködőasztal-szett nagyon hasonlíthat egy olyanhoz, amely cellulóz-nitrátból (CN) készült. A XIX. század végétől kezdődően a műanyagokat sikerrel alkalmazták olyan anyagok utánzatának elkészítéséhez, mint a drágakövek, elefántcsont, teknőspáncél vagy akár a korall. Az 1960-as évek óta az olyan anyagok utánzatai is mindennapossá váltak, mint a fa, bőr, selyem vagy az építőanyagok. Ebből adódóan a veszélyes műanyagok felismerhetetlenül megbújhatnak a természettudományi, néprajzi és textilgyűjteményekben is. Felhasználhatók ugyanakkor klasszikus szobaenteriórok másolatainál és történelmi épületek felújításánál is. A veszélyes műanyagok azonosításához alkalmazható tesztek és megőrzésükre vonatkozó stratégiákat tartalmazza az Ellenőrzési stratégiák a veszélyes műanyagokat tartalmazó vegyes gyűjtemények számára c. rész, amely A műanyagok és gumik károsodásának okai/megelőző műtárgyvédelmi stratégiák szakaszban érhető el.

A műanyagból és gumiból készült tárgyak megőrzési szempontjainak érvényesítése a gyűjtemények állományvédelmére vonatkozó általános előírások újragondolásával jár. Néha az egyébként kiváló csomagolási technikák és anyagok használata, mint pl. a védőcsomagolásként funkcionáló savmentes selyempapír, tulajdonképpen felgyorsíthatják számos, rendkívül elterjedt műanyagtípus degradációját (1. kép).



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 120210-0088

1. kép. A puffert csomagolóanyag súlyosítja a cellulóz-nitrát (CN) állapotromlását. A képen látható cellulóz-nitrát (CN) tükör károsodását a lúgos, puffert csomagolóanyagba történő csomagolás gyorsította fel. A tükör által kibocsátott nitrogén-oxidok reakcióba léptek a szövetben lévő lúgos puffert kalcium-karbonáttal, és elfolyósodó kalcium-nitrátot képeztek, amely nedves foltként látható a csomagolóanyagon. Amikor a nedves foltokban lévő sók reakcióba léptek a tükörfelülettel, visszafordíthatatlan károsodás következett be.

1.4 A műanyagok azonosítása

Mivel nagyon sokféle műanyagtípus létezik, amelyek eltérő mértékben sérülhetnek vagy károsodhatnak, ill. jelenthetnek veszélyt más tárgyakra, a műanyagok beazonosítása kulcsfontosságú a hatásos védekezés érdekében.

Két módszert alkalmazunk a műanyagok azonosítására: kémiai analitikai módszereket, az ún. cseppentéses/mikroanalitikai teszteket, valamint műszeres elemzéseket, főképpen az infravörös spektroszkópiát (IRS¹). A cseppentéses/mikroanalitikai tesztek nem megbízhatóak, éppen ezért érdemes a IRS tesztet előnyben részesíteni. Az IRS másik előnye, hogy napjainkban kaphatóak hordozható infravörös spektrométerek is, így az IRS teszt helyben, a múzeumban is elvégezhető, így sok esetben a mintavétel sem szükséges.

Léteznek nagy pontosságú cseppentéses tesztek is, amelyekkel viszonylag egyértelműen beazonosíthatjuk a hat legveszélyesebb műanyagtípust (Rémillard 2007). Mivel a tesztek során felhasznált reagensek többsége roncsolja a műanyagot, magát a tesztet a tárgy egy kisebb, eltávolított darabján kell elvégezni. Annak érdekében, hogy minél kisebb nyomot hagyjunk a tárgyon, a mintavételezést elvégezhetjük úgy, hogy egy csiszolt üveglemezzel

¹ Infrared Spectroscopy

megkarcoljuk a tárgy alját. A lemezen maradó műanyagmaradék általában elégséges több cseppentéssel elvégzéséhez. A fotónegatívok éléről általában ezzel az eljárással vesznek mintát.



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 120210-0106

2. kép. Difenil-amin cseppentéssel egyazon kollekcióból származó valódi és utánpótlás borostyángyöngy esetében, a mintavétel a tárgyak csiszolt üveglemezen történő végigkarcolásával készültek. Az egyik gyöngy esetében a vörös elszíneződés megjelenése fenol formaldehidre (PF) utal; egy másikat cellulóz-nitrátként (CN) azonosíthatunk a kék szín megjelenése miatt; egy harmadik pedig valódi borostyán, mert nem mutatható ki színváltozás.

3. táblázat: Cseppentéssel szűrőpróbaszerű alkalmazása veszélyes műanyagok felismeréséhez

Műanyag	Cseppentéssel teszt	Teszt eredménye	Referencia
cellulóz-nitrát (CN)	difenil-amin/ kénsav reagens	Kékes színváltozás	CCI 1994; Williams és tsai. 1998
cellulóz-acetát (CA)	alkáli hidroxil-amin + savas vas-klorid	Bordós-vöröses színváltozás	Coxon 1993
polivinil-klorid (PVC)	Beilstein teszt: laboratóriumi gázégőn felhevített rézdrót	A színtelen láng zölddé válik	CCI 1993; Williams és tsai. 1998
Ebonit/Vulkanit	jód/nátrium-azid reagens	Buborékok képződnek reagensben	Daniels és Ward 1982
poliuretán (PUR)	Dimetil-amino-benzaldehid ecetsavban	Kanárisárga színváltozás	Roff és tsai. 1971

2. A műanyagok és gumik károsodásának okai és megelőző műtárgyvédelmi stratégiák

Ez a rész a műanyag és gumi alapanyagú tárgyakat érintő károsodások okaival és típusaival foglalkozik, illetve azokkal a megelőző műtárgyvédelmi stratégiákkal, amelyek segítenek minimalizálni ezeket a kockázatokat.

2.1 A műanyagokra általánosságban veszélyt jelentő tényezők

A műanyagra káros hatással lehet mind a tíz műtárgykárosító tényező. Az adatvesztés, rablás és vandalizmus, kártevők, nedvesség és tűz (a cellulóz-nitrát kivételével) olyan veszélyt jelentő tényezők, amelyek nem műanyag-specifikusak, ezért ezekben az esetekben a műtárgyak nagy részénél alkalmazott műtárgyvédelmi stratégiák a mérvadóak.

2.1.1 Adatvesztés

Az adatvesztés tulajdonképpen a tárgyak vagy a tárgyakhoz kapcsolódó adatok és dokumentációk elvesztését jelenti, illetve a tárgyak és az adatok összekapcsolásának, visszakeresésének ellehetetlenülésére is vonatkozik. Az adatvesztéssel kapcsolatos kockázatot jelent a nem megfelelő, vagy a hiányos műtárgyadminisztráció. Adatvesztés következhet például be abban az esetben, ha egy tárgyat nem helyeznek vissza a pontos helyére. Mulasztásnak és adatvesztésnek minősül egy kölcsönzés nem megfelelő vagy hiányos dokumentálása. Haváriahelyzetek is okozhatnak adatvesztést. A műtárgyvédelmi stratégiának a műanyagok esetében is érintenie kell az adatvesztés jelenségét. Az adatvesztés megelőzésével kapcsolatos bővebb információkért lásd: Műtárgykárosító tényezők: Adatvesztés.

2.1.2 Rablás és vandalizmus

A műanyag tárgyak vagy a műanyagot tartalmazó tárgyak, így azok az ékszerek vagy piperecikkek, amelyek korai elefántcsont másolatból vagy bakelitből készültek, sokszor kis méretűek és gyűjthetőek, ezért vonzóak lehetnek a tolvajok számára. A műanyagból készült műalkotások néha ellentmondásos vagy vitatott megítélésűek, emiatt vandalizmus áldozatául eshetnek. A rablás és a vandalizmus a műanyagból készült tárgyakat is érinti, ezért erre is külön ki kell térni a műtárgyvédelmi stratégiában. A lopásgátló zárt tárolók, kiállítási vitrinek veszélyesek lehetnek a műanyagok számára, ha csak hatékony elszívó- vagy szűrt szellőztetést lehetővé tevő rendszerek nincsenek beépítve a vitrinekbe. A nagyméretű, modern szobrokat kordonokkal kell elválasztani a látogatóktól, riasztó- és kamerarendszerekkel kell megfigyelés alatt tartani. A gyűjtemények rablás és vandalizmus

szembeni védelmével kapcsolatos bővebb információkért lásd: Műtárgykárosító tényezők: Rablás és vandalizmus.

2.1.3 Kártevők

Kevés műanyag szolgál táplálékul vagy vonzó a kártevők számára, habár létezik néhány, amely vagy természetes anyagok származéka, vagy olyan összetevőkkel rendelkezik, amelyek természetes eredetűek, ilyenek pl. a szójaolajból készült lágyítószeres vagy az adipát-alapú poliuretán (PUR) habok, ezeken mikrobiális növekedés indulhat el. A műanyagokban sokszor szerves anyagokat tárolnak, ilyenkor a kártevők átrághatják azokat, hogy hozzájussanak a táplálékhoz. A tárgyak ugyanakkor bűvőhelyként, fészkelőhelyként is szolgálhatnak. A biocid anyagok (főleg a gázok és illékony folyadékok) sokkal nagyobb veszélyt jelentenek a műanyagokra, mint a kártevők. A kártevőkkel kapcsolatos megelőzési stratégiákat érintő bővebb információkért lásd: Műtárgykárosító tényezők: Kártevők.

2.1.4 Nedvesség

A legtöbb műanyag nem igazán vízáteresztő, így nem fenyegeti szerkezeti károsodás, hidrolízis, alakváltozás, degradáció vagy a komponensek elszíneződésének veszélye még akkor sem, ha rövid ideig víz alá kerül. A károsodott állapotú műanyagokra nagyobb veszélyt jelent a nedvesség. Íme azok a műanyagtípusok, amelyek számára egy 24 órás, vizes közegben eltöltött idő, majd levegőn szárítás sem jelentene veszélyt: cellulóz-acetát (CA), cellulóz-nitrát (CN), poliamid (PA), polikarbonát (PC), polietilén-tereftalát (PET), polietilén (PE), polipropilén (PP), polimetil-metakrilát (PMMA), polisztirol (PS), polivinil-klorid (PVC). A nedvességre érzékeny műanyagok esetében, mint a kazein-formaldehid (CF), vagy a szerves töltőanyagokat tartalmazó fenol-formaldehid (PF), a nedvesség gyorsan felszívódik, ettől pedig megduzzadhatnak vagy elvetemedhetnek, különösen, ha a részek mozgása korlátozott. Bizonyos műanyagok esetében [cellulóz-nitrát (CN), cellulóz-acetát (CA), poliamid (PA), poliuretán (PUR), karbamid-formaldehid (UF)] a hosszú ideig tartó nedves körülmények hidrolízist indíthatnak be. A hidrolízis mértékét befolyásoló fő tényező az áztatás időtartama.

A műanyag tárgyak külső megjelenése nagyban függ a felületükön található, vékony réteg állapotától. A felületi réteg épségét viszonylag kis mértékű nedvesség is befolyásolhatja, a tárgyak foltossá, karcossá válhatnak. A keménygumi, a kazein-formaldehid (CF) és a fenol-formaldehid (PF) érzékeny a víz által okozott felületi károsodásra. Bár a tárgy felszíne sérül, karcos lesz, szerkezetileg nem gyengül meg. A nedves műanyagoknak valamivel puhább a felszínük, ezzel számolni kell a mozgatás vagy a törölgetés közben.

A fagyasztva-száritást gyakran ajánlják a víz alá merült tárgyak kiszárítására. Viszont a legtöbb műanyag esetében ez szükségtelen és ártalmas lehet. Fagypont alatti hőmérsékleten a műanyagok törékenyebbé válnak, a repedésekben és résekben megfagyott víz tágulása növeli a műanyagok ridegségét és fokozhatja a törési károkat. A fagyasztva-száritás

alkalmazásának egyik fő oka a penészképződés megelőzése lehet. Mivel a műanyagok önmagukban ritkán jelentenek táptalajt a penészgomba növekedéséhez, a fagyasztva-szárítás tulajdonképpen megelőzhető. A levegőn történő azonnali szárítás megakadályozza a műanyag tárgyakon kialakuló penészképződést.

2.1.4.1 Javaslatok

- Ne tároljuk a tárgyakat vagy csomagokat közvetlenül a padlón.
- Használjunk vízálló védőburkolatokat, hiszen bármikor bekövetkezhet egy csőtörés, vagy beindulhatnak a tűzvédelmi szórófejek vagy fúvókák.
- Használjunk olyan vízálló tárolókat, mint polietilén (PE) tasakok vagy polietilén (PE) és polipropilén (PP) dobozok (kivéve veszélyes műanyagok esetén).
- Kerüljük a műanyag tárgyak fagyasztását, ne alkalmazzuk a fagyasztva-szárítást.

A nedvesség jelentette kockázatok kezelésről bővebb információkért lásd: Műtárgykárosító tényezők: Nedvesség.

2.1.5 Tűz

Minden műanyag károsodik a hőtől és a lángtól. Magas hőmérsékleten a műanyagok megpuhulnak, torzulnak, majd elolvadnak vagy megégnek. Ha egy műanyag lánggal érintkezik meggyullad, majd elkezd lángolni vagy égni, sőt teljesen el is éghet, melynek során mérgező gázok és füst képződhet. Minden műanyag tüzelőanyagként működik és égni fog, ha elér egy kellően magas hőmérsékletet, amely műanyagonként változik. Éghetőség szempontjából a műanyagok többsége a szerves anyagokéhoz (papír, fa) hasonló tulajdonságokkal rendelkezik. A tűz során keletkező füst elterjedhet és károsíthatja a gyűjtemény más részeit, például korom- és füstszemcsék lerakódásával, korrózióval és szagokkal. A legtöbb égő műanyagot, kivételt képez ez alól a cellulóz-nitrát (CN), lehet oltani a leggyakrabban használatos tűzoltási módszerekkel.

A hőre lágyuló műanyagok alacsonyabb hőmérsékleten károsodnak, mint a hőre keményedő műanyagok. A hőre lágyuló műanyagok, úgy, mint a cellulóz-acetát (CA), cellulóz-acetát-butirát (CAB), poliamid (PA), polikarbonát (PC), polietilén-tereftalát (PET), polietilén (PE), poliropilén (PP), polimetil-metakrilát (PMMA), polisztirol (PS) és a polivinil-klorid (PVC), megolvadnak és égő cseppecskék alakjában tovább terjeszthetik a tüzet. Az égést gátló adalékanyagok nem akadályozzák meg az olvadást és azt, hogy a megolvadt műanyag más tárgyakra cseppenjen. A hőre keményedő és jó hőálló képességekkel rendelkező műanyagtípusok, mint a kazein-formaldehid (CF), karbamid-formaldehid (UF), fenol-formaldehid (PF), poliuretán (PUR), keménygumi, szilikon (SI) és fluorozott etilén-propilén (PTFE), megégnek és megrepedeznek, ha lángokkal érintkeznek, de nem olvadnak meg, ha csak füst és meleg levegő éri őket. Az égés terjedési sebessége sokkal lassabb a hőre keményedő műanyagok esetében, mint a termoplasztikus anyagoknál.

A tűz jelentette kockázatok kezeléséről bővebb információkért lásd: Műtárgykárosító tényezők: Tűz.

2.1.5.1 A cellulóz-nitrát (CN) gyúlékonysága

A cellulóz-nitrát (CN) különös aggodalomra ad okot mivel a leggyúlékonyabb műanyag, égése közben oxidáló gázok keletkeznek, így égését nem lehet oxigénmegvonással megszüntetni. A tűzoltó sprinkleres, habbal oltó és vízködös rendszerek, az előretöltött szén-dioxiddal és a freon-helyettesítő szerekkel működő oltórendszerek mind hatástalannak bizonyultak a cellulóz-nitrát (CN) filmeket érintő tüzesetekben. A mozgókép archívumokban kialakuló tüzek esetében a nagy mennyiségű víz jelent megoldást, amely képes gyulladási hőmérséklet alá hűteni a cellulóz-nitrátot (CN), ezáltal eloltva a tüzet is. (Vitale 2009)

A cellulóz-nitrát (CN) salétromsavval reakcióba lépő cellulózból áll, amely felcserél néhány hidroxilcsoportot nitrátcsoportokkal. A helyettesítés mértékét jelzi a nitrogéntartalom szintje. Az eltérő mennyiségű nitrogént tartalmazó termékeket eltérő célokra használják, pl. a műanyagok és lakkok nitrogéntartalma 10,5-11,5%, a lakkok, filmek és filmtekercsek 11,5-12,3%-ot, a robbanóanyagok és a puskapor pedig 12,4-13,5%-ot tartalmaznak. Minél magasabb a nitrogéntartalma, annál gyúlékonyabb egy anyag. A mozgóképes tekercsek gyúlékonyabbak a síkfilmes alapanyagoknál, utóbbiaknak viszont magasabb nitrogéntartalma van, mint a műanyagoknak és lakkoknak.

A filmarchívumokban kialakuló súlyos tüzek a leromlott állapotú cellulóz-nitrát (CN) filmtekercsek spontán öngyulladásának tulajdoníthatóak. Nem tudunk olyan tüzesetről, amelyet papírtasakokban tárolt nem cellulóz-nitrát (CN) típusú síkfilmek vagy műanyag tárgyak spontán öngyulladása okozott volna. Tűzveszélyességi szempontból a cellulóz-nitrátból (CN) készített tárgyak más, gyúlékony anyagokéhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek, úgy, mint a benzin vagy az oldószerek.

A cellulóz-nitrátból (CN) készült tárgyakat speciális körülmények között kell tárolni, lehetőleg alacsony hőmérsékletet biztosító hűtőkben vagy fagyasztókban. Az elkülönített tárolás célja nemcsak a tűz kockázatának csökkentése, hanem a gyűjtemény többi részének védelme is a káros oxidáló és savas, illékony bomlástermékek hatásaitól.

A cellulóz-nitrát (CN) tárgyakat nem szabad szellőztelen, levegőtől elzárt helyen tárolni (pl. tasakokban, szekrényekben). Kis, zárt helyeken a lebomlás során keletkező gázok felhalmozódnak és felgyorsítják a degradációt, csökkentve a gyulladási hőmérsékletet és növelve a tüzek keletkezésének kockázatát. Amennyiben légmentes tárolás szükséges, például a relatív páratartalom (RH) szabályozása érdekében egy tasakban, minden esetben használjunk szorbenseket, a bomlástermékként felszabaduló gázok koncentrációjának csökkentésére.

2.1.5.2 Javaslatok

- Tűzveszélyességi szempontból a műanyagokat [a cellulóz-nitrát (CN) kivételével] a szerves anyagokhoz (papír, bőr, fa) hasonlóan kell kezelni.
- Az műanyagok esetében [a cellulóz-nitrát (CN) kivételével] a keletkezett tüzeket a szerves anyagoknál is használt módszerekkel ajánlatos eloltani.
- Különítsük el a cellulóz-nitrát (CN) alapanyagú műtárgyakat a gyűjtemény többi részétől.
- A cellulóz-nitrátot (CN) hűvös körülmények között kell tárolni megfelelő fagyasztókban (kis darabszám esetén) vagy hűtött helyiségekben (nagyobb gyűjtemény esetében).
- A nagy méretű cellulóz-nitrát (CN) gyűjteményeket lehetőség szerint külön erre a célra kialakított raktárhelyiségben kell tárolni.

A cellulóz-nitrátot (CN) tartalmazó műtárgyak kiállítására és tárolására vonatkozó további információk a Kanadai Kulturális Intézet 15/3-as, Cellulóz-nitrátot tartalmazó múzeumi tárgyak/műtárgyak bemutatása és tárolása című jegyzetében találhatók.

2.2 A műanyagokra kifejezetten veszélyt jelentő tényezők

Az elsődlegesen veszélyt jelentő tényezők, amelyek sajátos szerkezeti és kémiai elváltozásokat idéznek elő a műanyagok esetében: mechanikai stressz és egyéb közvetlen fizikai behatások, szennyezőanyagok (beleértve az oxigént is), fény és UV-sugárzás, nem megfelelő hőmérséklet és relatív páratartalom. Ideális esetben a műanyagokat nagy teherbírású, párnázott támasztékokon és kiváló szellőzéssel ellátott, hűvös, sötét, száraz és oxigénmentes környezetben kell elhelyezni.

A műanyagok más-más módon és eltérő mértékben reagálnak a felsorolt környezeti tényezőkre. Változó mértékű az ellenállóképességük a termikus oxidációval, a fotooxidációval és vagy a hidrolízissel szemben. Például: a polietilén (PE) kis ellenállóképességet mutat a termikus és fotooxidációval szemben, de ellenáll a hidrolízisnek; míg a cellulóz-nitrát (CN) gyenge ellenállóképességgel rendelkezik mindhárom folyamattal szemben.

Ezen folyamatok gyűjteményre gyakorolt hatásai nagyban függenek attól, hogy egy adott gyűjteményben milyen arányban, milyen típusú műanyag tárgyak vannak jelen, ill. azok mire érzékenyek. A kémiai károsodások megakadályozása a legfontosabb szempont az ilyen tárgyak esetében.

Mivel bizonyos műanyagok érzékenyebbek bizonyos hatásokra, esetükben célszerű a számukra specifikus károsító tényezőre koncentrálni. A szóban forgó műanyagtípus beazonosítása kulcsfontosságú mozzanat a megfelelő műtárgyvédelmi stratégia kialakításához.

2.2.1 Fizikai behatások

A rossz állapotban lévő műanyagok meglepően törékenyek lehetnek, főleg alacsony hőmérsékleten. A cellulóz-acetát (CA), cellulóz nitrát (CN), kazein-formaldehid (CF), és bizonyos fenol-formaldehid (PF), polimetil-metakrilát (PMMA) és polisztirol (PS) alapanyagú tárgyak a legkisebb fizikai behatás következtében is sérülhetnek, eltörhetnek. Bár a gumiból és polivinil-kloridból (PVC) készült tárgyak rugalmasabbnak, kevésbé sérülékenynek tűnhetnek, ugyanúgy szükségük van szakszerű csomagolásra és alátámasztásra szállítás, tárolás vagy kiállítás során. A fizikai hatások, a gumi esetében pl. a megnyúlás, felgyorsíthatják a kémiai (oxidációs) állapotromlás mértékét is. A repedések általában a fizikai hatások vagy terhelések irányára merőlegesen jelennek meg. Például repedések alakulhatnak ki a be- vagy visszahajtások mentén. A repedezett tárgyak sokkal könnyebben eltörnek, mint az ép tárgyak, ezért alaposabban ki kell őket támasztani. A celofánból, a cellulóz-acetátból (CA) vagy a polietilén-tereftalátból (PET) készült csomagolóanyagok könnyen szakadnak, ha előzőleg megkarcolódtak vagy megsérültek. Egy torzult, megvetemedett tárgy nem megfelelő tárolása a vetemedés állandósulásával járhat. Ha a sérült tárgyak szennyező anyagokkal érintkeznek, környezeti hatásokra bekövetkező feszültségrepedezés (ESC) alakulhat ki; a polikarbonát (PC), polietilén (PE), polipropilén (PP), polimetil-metakrilát (PMMA) és a polisztirol (PS) különösen érzékenyek ebben a tekintetben. Az olyan öregedési folyamatok, mint a térhálósodás, az oxidáció vagy a molekuláris átrendeződés (fizikai öregedés), maradandó alakváltozással, deformációval járnak.

Az olyan rugalmas műanyagok, mint a polietilén (PE), a polipropilén (PP), a poliamid (PA) és rugalmas polivinil-klorid (PVC) tartós alakváltozáson mehetnek keresztül, ha állandó terhelés alatt vannak: kiegészítő részeik megnyúlhatnak, a tartófelületek kilapulhatnak.

Megfelelően kipárnázott tartóelemek, ládák és tárolók szükségesek a tároláshoz, kiállításához és szállításhoz. Ha a tárgyakat alakkövető tartóelemeken tároljuk és állítjuk ki, megelőzhetjük a nemkívánatos fizikai hatásokat, a terhelődést, így nem vetemednek meg. A gumiból készült cipők esetében mindig használjunk formázott belső merevítőt, ami készülhet pl. polietilén (PE) habból. Ha a gumi ragadós, a tartóelemeket ki kell bélelni/be kell vonni tapadásmentes anyagokkal: Mylar vagy Teflon fóliával, Gore-Tex-szel, szilikon bevonatú szövettel.

Amennyiben lehetséges, a műanyagokkal érintkező csomagolóanyagok és merevítőelemek legyenek légáteresztőek, amelyeken keresztül távozhatnak a károsodást okozó gázok. A polipropilénből (PP) készült gobelin vászon pl. kiválóan alkalmas gumilábbelik belső merevítésére. A veszélyes műanyagok esetében egyszerre kell figyelni a megfelelő mértékű kitámasztásra és merevítésre, valamint az erre használt anyagok optimális légáteresztő képességére.

A legtöbb műanyag alacsony karcállósággal rendelkezik [2-től (köröm, borostyán, elefántcsont) 3-ig (rézpenz) terjedő értékekkel a Mohs-féle keménységi skálán] és puha, így könnyen karcolódik, horzsolódik, behorpad és forgácsolódik, ha más anyagokkal érintkezik.

2.2.1.1 Javaslatok

- Kezeljük a műanyagokat úgy, mint a törékeny tárgyakat.
- Ne szállítsuk a tárgyakat szabadon, használjunk szállítóládákat vagy tálcákat.
- Mindig alulról támasztva fogjuk a tárgyakat. Sohasem a kiálló részeknél, pl. fogantyúnál.
- Használjunk megfelelően merev, bélelt és alakkövető szállító- és tartóelemeket.
- Zárjuk ki az anyagmeghajlás vagy rázkódás lehetőségét.
- Végezzünk ellenőrzést: a kisebb-nagyobb repedések rendszerint a ragasztott illesztéseknél, a festett felületrészeken és az öntapadó címkék mellett/alatt fordulnak elő; az állapotnak megfelelő kitámasztást, merevítést, csomagolást alkalmazzunk.
- Mindig tartsuk szem előtt a tárgyak és csomagolóanyagok hosszú távon bekövetkező méretváltozását (kúszás), az állandó alakváltozásra való hajlamot.
- Kerüljük az olyan oldószerek használatát, amelyek elősegítik a feszültségkorróziós repedések létrejöttét.
- Kerüljük a súroló- és vegyi hatású tisztítószerket.
- Ne használjunk öntapadó címkéket.

A fizikai behatások elleni védekezési stratégiákkal kapcsolatos bővebb információkért lásd: Műtárgykárosító tényezők: Fizikai behatások.

2.2.2 Szennyezőanyagok

A degradálódott, sokszor enyhén ragadós felületeken könnyen megülnek a levegőben található mikrorészecskék és a por, melyek kémiai károsodásokat és visszafordíthatatlan elváltozásokat idéznek elő. Az abrazív szennyeződések karcolásokat okozhatnak a műanyagokban, ezáltal jelentősen meggyengíthetik az érzékeny felületű műanyagokat. Miden műanyagtípus érzékeny az ilyen jellegű szennyeződésekkel szemben, különösképpen azok a műanyagok, amelyek felülete ragacsossá válik a bennük található adalékanyagok, például lágyítók migrációja miatt: ilyen a cellulóz-acetát (CA), a cellulóz-nitrát (CN), a polivinil-klorid (PVC), a poliuretán (PUR) és a gumi. A mikrorészecskék és a por eltávolítása rendkívül bonyolult, már-már lehetetlen, anélkül, hogy további kárt okoznánk a műanyagban-

A légköri savas szennyezőanyagok, a kén-dioxid és a nitrogén-dioxid károsító hatásúak és felgyorsítják az állapotromlást, különösen nedves körülmények között. A savas hatású szennyezőanyagok felgyorsítják a hidrolízist a cellulóz-acetát (CA), a cellulóz-nitrát (CN), a poliamid (PA) és a polivinil-klorid (PVC) esetében. Az ózon, amely egyaránt keletkezhet az UV-sugárzás vagy a nagyfeszültségű elektrosztatikus berendezések (légtisztítók, fénymásolók) használatával, nagyon gyors oxidatív lebomlási folyamatokat idézhet elő. A legtöbb ózon a külső, szennyezett levegővel jut be az épületbe. Az múzeumokban egészen az 1990-es évekig alkalmazott gázosítási technikák és illékony anyagokat tartalmazó biocid termékek a műanyagokat is károsítják. A kezelt műtárgyakon fennmaradó rovarirtószer és

biocid-termék maradványok a mai napig jelentős kockázatot jelentenek a közelükben elhelyezett műanyagokra.

A szennyezőanyagok magukból a tárgyakból, a múzeumokban használt anyagokból is felszabadulhatnak az előregedési, lebomlási folyamatok során: nitrogén oxid a cellulóz-nitrátból (CN); ecetsav a cellulóz-acetátból (CA), fából, friss festékekből; szulfidok és kén-oxidok a vulkanizált kaucsukfélékből. A megfelelő szellőzés fenntartása létfontosságú az ártalmas gázok felhalmozódásának elkerüléséhez – főleg a degradált állapotú vagy sérülékeny tárgyak közelében.

A többször használt csomagoló- és installálási segédanyagok is szennyezőanyagok forrásai lehetnek. Az olyan, biztonságosnak vélt anyagok, mint az akrilok, magukba szívhatják az ártalmas gázokat bizonyos felhasználási feltételek mellett; újraalkalmazás esetén ezek a gázok aztán felszabadulhatnak. Úgy tűnik, hogy ez nagyban függ az adott műanyag polaritásától és oldhatóságától. Pl. a polietilén (PE), amely egy apoláris műanyag, azonnal felszívja az apoláris szénhidrogént, de a szénhidrogének nem korrozív hatásúak. A polietilén (PE) nem abszorbeálja a hangyasavat, amely korrozív hatású. A két példából láthatjuk, hogy a polietilén (PE) maró anyagoktól mentes marad. A poláris műanyagok [polikarbonát (PC), polimetil-metakrilát (PMMA), polisztirol (PS), szilikon (SI)] felszívják a hangya- és ecetsavat, amelyek képesek részlegesen feloldódni ezekben a műanyagokban, míg a salétromsav nem. Ilyen esetekben maguk a műanyagok is károsító hatásúakká válhatnak, az abszorbeált savak miatt.

A szerves oldószerek és azok gőzei által okozott károsodások legtöbbször nem lesznek azonnal nyilvánvalóak. Hogy a helyzet még bonyolultabb legyen, a különféle műanyagtípusok különféle módon reagálnak, más-más féle kémiai tulajdonsággal rendelkeznek: bizonyos polimetil-metakrilát (PMMA) tárgyakon hajsza- vagy nagyobb repedések jelenthetnek meg, ha etanollal érintkeznek. Az ártalmas gázok felgyorsítják a feszültségkorróziós repedések (ESC) képződését, főleg akkor, ha a tárgy, vagy annak bizonyos alkatrészei szorításnak vagy nyomásnak van kitéve. Az, hogy egy műanyag milyen hamar adja meg magát a feszültségkorrózió (ESC) következtében, függ az anyag típusától, a környezeti feltételektől, illetve a tárgyban jelen lévő mechanikai feszültség mértékétől. Ebből adódóan a feszültségkorrózió (ESC) tárgyakra gyakorolt hatása mindig egyedi, és az adott tárgy idő előtti, és akár végzetes sérülését okozhatja abban az esetben is, ha az esetlegesen rá gyakorolt nyomás nem éri el a tárgy törési szívósságának mértékét. Az feszültségkorrózióra (ESC) hajlamos műanyagok esetében hajsza-repedések vagy lepattogzódás alakulhat ki, végül el is törhetnek. A feszültségkorrózió (ESC) kialakulása csak az amorf műanyagokra vagy a részben kristályos műanyagok amorf zónáira jellemző [polietilén (PE), polipropilén (PP), polimetil-metakrilát (PMMA), polisztirol (PS)]. A szerves oldószerek és felületaktív anyagok közvetlen alkalmazása (pl. tisztítás folyamán) feloldja a cellulóz-nitrátot (CN), cellulóz-acetátot (CA), poliamidot (PA), polimetil-metakrilátot (PMMA) és polisztirolt (PS), valamint kivonja az adalékanyagokat (lágyítókat, stabilizátorokat) a polivinil-kloridból (PVC) és a gumiból. A tisztítással kapcsolatos további információkért lásd: A veszélyes műanyagok kezelésének öt szakasza vegyes gyűjteményekben – 5. szakasz: Tisztítás.

El kell kerülni az olyan tevékenységeket magukon a műanyagokon vagy a környezetükben, amelyek során ártalmas gázok szabadulhatnak fel. Ha olyan beavatkozást tervezünk, amely során oldószerek juthatnak a levegőbe, pl. egy raktár- vagy kiállítóhelyiség festése, padozatának lakkozása, a kitettség megelőzése érdekében ideiglenesen távolítsuk el a műanyagokat.

Ha a megfelelő légcseré nem valósítható meg, használjunk szorbenseket. Az szorbensek és az indikátorok egyidejű használata – mint pl. krezolvörös, amely kimutatja a cellulóz-nitrát (CN) degradálódása során felszabaduló nitrogén-oxidokat – (Lásd: A krezolvörös és módosított brómkrezolzöld indikátorok előállítása és használata) egy hatásos módszer az állapotromlás lassítására és a degradáció során potenciálisan keletkező ártalmas gázok jelenlétének kimutatására. Ha az indikátor mérgező gázok jelenlétét mutatja ki, a szorbenseket ki kell cserélni.

Az oxidatív úton lebomló műanyagok esetében az oxigénmentes környezet fenntartása jótékony hatással bír. Anoxikus környezet alakítható ki merev, inert gázokkal feltöltött tárolókban, mint pl. egy üvegbúra, vagy védőfóliából készült, inert gázokat és oxigén abszorbenseket tartalmazó zacskókban (5. – 8. ábrák). Ha átlátszó védőfóliát használunk a tárgy látható marad és megfigyelhető, de alapos vizsgálatnak nem vethető alá a fólia miatt. Az oxidációra érzékeny műanyagok esetében – keménygumi (vulkanit, ebonit), poliuretán (PUR) habok (főleg az éter típusúak) – az anoxikus környezet kialakítása mindenképpen jótékony hatással bír. A poliamid (PA), telítetlen poliészterek, polipropilén (PP), polisztirol (PS), polietilén (PE) és a rugalmas polivinil-klorid (PVC) is oxidációra érzékeny műanyagok, de esetükben az oxidációs folyamat beindulásához fényre és UV-sugárzásra is szükség van (fotooxidáció), így a fény mérséklése és az UV sugárzás megszüntetése hatásosabb lehet.

2.2.2.1 Javaslatok

- Fordítsunk figyelmet a por monitorozására/kontrollálására.
- Mindig ellenőrizzük az újrahasznosított műanyag segédanyagokat: nem telítődtek-e szennyező anyagokkal, főleg savakkal.
- Azonosítsuk és tartsuk megfigyelés alatt a káros műanyagokat.
- Tároljuk a tárgyakat a lehető legalacsonyabb hőmérsékleten, a degradációs folyamatok minimalizálása érdekében.
- Akadályozzuk meg az oxidációs folyamatok beindulását az erre érzékeny műanyagoknál [gumi, poliuretán (PUR)]: alakítsunk ki anoxikus tárolási feltételeket oxigéngátló védőfóliából készült, inert gázokkal feltöltött, oxigén abszorbenseket tartalmazó zacskókban. Az anoxikus tárolást csak az oxidációra érzéken tárgyak esetében alkalmazzuk.
- A tárgy felszínén felhalmozódó lerakódásokat csak abban az esetben távolítsuk el, ha kiállításba kerül, vagy biztosak vagyunk benne, hogy a lerakódás állapotromlást idézhet elő.
- Amennyiben tisztítás indokolt, a tárgyakat szárazon tisztítsuk: ecsettel, porszívóval, utána száraz törléssel, ügyelve arra, hogy ne karcolódjanak meg.

- Soha ne használjunk oldószereket, fehérítőket, tisztítószerket, zsírtalanítót, viaszt vagy vinil- és gumiradírokat.
- Ha feltétlenül vizet kell használnunk, alkalmazzunk nedves törlést.
- Használjunk ragadásmentes bevonattal ellátott elválasztóelemeket [fluorozott etilén-propilén (PTFE)] a ragadós felületek és tárgyak elkülönítése érdekében; így kiküszöbölhető a lágyítókiválás okozta elszíneződés veszélye is.
- Indikátor papír és/vagy szalag segítségével ellenőrizzük az esetleges savkibocsátást a raktár- és kiállítóhelyiségekben [krezolvörössel a cellulóz-nitrátból (CN) kipárolgó salétromsavat, brómkrezolzóddal a cellulóz-acetátból (CA) kipárolgó ecetsavat].
Lásd: A krezolvörös és módosított brómkrezolzóld indikátorok előállítása és használata.

A szennyező anyagok műtárgyakra gyakorolt hatásáról és annak mérséklését érintő bővebb információkért lásd: Műtárgykárosító tényezők: Szennyező anyagok.

2.2.3 Fény és UV-sugárzás

A fény és az UV-sugárzás károsítja a műanyagot alkotó polimer szerkezetét, és a nem-polimer jellegű, funkcionális adalékanyagokat is, pl.: színezőanyagokat, védőbevonatokat és különböző stabilizátorokat (pl. UV stabilizátorokat is). A fény és UV-sugárzás által okozott károsodások megnyilvánulási formái: elszíneződés (a fehér, színtelen műanyagok megsárgulása), a felület krétásodása, az ütési szilárdság csökkenése, szakítószilárdság csökkenése, törékenység fokozódása (ridegedés) és mikrorepedések kialakulása. A minőségi változások hátterében többnyire kémiai folyamatok állnak, és ezek a folyamatok eltérő módon és mértékben érintik a műanyagokat. Az olyan károsodás, mint pl. a sárgulás, csak a műanyag kinézetét befolyásolja, míg a törékenység fokozódása a tárgy szerkezeti integritására van hatással, repedések kialakulásához és morzsolódó felületek létrejöttéhez vezet. A műanyagok fényérzékenységét a 4. táblázat mutatja be.

4. táblázat: Napfényre és UV-sugárzásra érzékeny műanyagok

Érzékenységi szint (maximum élettartam napi kitétettség esetén)	Napfényre érzékeny műanyagok	UV-sugárzásra érzékeny műanyagok
Alacsony érzékenység Nem észlelhető elszíneződés vagy ridegedés, vagy csak elhanyagolható mértékű	EP (bizonyos típusok), fluorpolimerek (FEP, PCTFE, PTFE), PMMA, PVAC, PVDF, PVAL, szilikongumi, UP	fluorpolimerek (ECTFE, ETFE, FEP, PCTFE, PTFE, PVDF), PMMA
Közepes érzékenység Kis mértékű elszíneződés, kis mértékű ridegedés	ABS, cellulóz-észter (CA, CAB, CP), celofán, CF, etilcellulóz, EVA, MF, PAs (PA 11, PA 6, PA 66), PC, PET, PF, POM, PS, HIPS, PVAC, PVAL, PUR, PVB, poly(vinyl formal), PVC (kemény, rugalmas), PVDC, SAN, SBR, UF, UP, XLPE	EVA, PAs (PA 11, PA 1.2, PA 4.6, PA 6, PA 6.6, PA 6.10), PET, PBT, PC, PFA, PVC (kemény, rugalmas), PVDC, XLPE
Magas érzékenység Elszíneződés, ridegedés, lebomlás	CN, poliolefin (HDPE, LDPE, LLDPE, XLPE, UHMWPE, PP, PMP, PB), PUR-hab (természetes keménygumi), SBR/Buna-N, sellak és más természetes gyanták	ABS, HIPS, poliolefin (LDPE, LLDPE, HDPE, UHMWPE, PMP, PP), POM, PS, SAN

Minél nagyobb mértékű a beeső sugárzás intenzitása és az expozíció időtartama, annál nagyobb mértékű a károsodás. Ha a beeső sugárzás hullámhossza csökken, a károsodás mértéke növekszik. Látható fénynek való kitétettség esetén bizonyos műanyagok elszíneződnek vagy más módon károsodhatnak, de általában véve az UV-tartományba eső rövid hullámhosszúságú sugárzás nagyobb károkat okoz, mint a látható fény tartományába eső, nagyobb hullámhosszúságú sugárzás. Törekedni kell az UV-sugárzás megszüntetésére: UV-szűrők vagy olyan világítótestek használatával, amelyek nem bocsátanak ki UV-sugárzást.

A sugárzásnak való kitétettség általában oxidációval jár. Az oxidációs folyamatok felgyorsulnak magas a hőmérséklet és magas RH mellett. Ezért, a megvilágítás intenzitásának és időtartamának csökkentésén túl csökkenteni kell a hőmérsékletet és az RH-t is. Anoxikus műtárgykörnyezet kialakításával, antioxidánsok használatával tovább lassíthatóak az oxidációs folyamatok.

2.2.3.1 Javaslatok

- A fény- és UV-károsodás tekintetében a műanyagokat a szerves anyagokhoz (fa, papír, bőr, természetes szálanyagok) hasonlóan kell kezelni.
- Kerüljük el a fénynek és UV-sugárzásnak való kitétettséget.

- Kiállításokban a lehető legkisebb megvilágítást alkalmazzuk.
- Tároljuk sötét helyen a műtárgyakat.

A fény, az UV-sugárzás és az infravörös okozta károsodásokkal kapcsolatos további információkért, valamint a károk megelőzésére vonatkozó bővebb információkért lásd: Műtárgykárosító tényezők: fény, ultraibolya és infravörös sugárzás.

2.2.4 Nem megfelelő hőmérséklet

2.2.4.1 A magas hőmérséklet hatásai

A műanyagok kémiai degradációja főként oxidáció (a levegő oxigénjével végbemenő reakció) vagy hidrolízis (a műanyagban fellelhető nedvességgel végbemenő reakció) útján következik be. A műanyagok eltérő mértékű érzékenységet mutatnak az oxidációval szemben szobahőmérsékleten, lásd az 5. sz. táblázatot.

Magas hőmérséklet esetén mindkét degradációs folyamat, az oxidáció és a hidrolízis is gyorsabban megy végbe, azaz a kémiai állapotromlás mértéke növekszik. A kémiai degradációs folyamatok műanyagokra gyakorolt hatása hasonló a szerves anyagokéhoz (fa, bőr). A degradáció mértéke nagyjából megkétszereződik 5 °C-os hőmérsékletemelkedés esetén vagy felével csökken egy hasonló mértékű hőmérsékletcsökkenés bekövetkeztével. A hőmérséklet csökkentésével hatékonyan védekezhetünk az ilyen típusú degradációs folyamatokkal szemben; a cellulóz-nitrátból (CN) készült műtárgyak, cellulóz-nitrát (CN) és cellulóz-acetát (CA) film tárolását illetően minden esetben biztosítani kell a megfelelően hűvös tárolási körülményeket (Bigelow 2004). Az 5. számú táblázatban felsorolt, az oxidációnak leginkább kitett műanyagok károsodhatnak a legnagyobb mértékben magas tárolási hőmérséklet esetén, és fordítva: esetükben van a legelőnyösebb hatása az alacsony tárolási hőmérsékletnek.

5. táblázat: Műanyagok termikus oxidációval szembeni érzékenysége szobahőmérsékleten

Termikus oxidációval szembeni érzékenysége szobahőmérsékleten, hozzávetőlegesen 20 °C-on	Termikus oxidációnak leginkább kitett műanyagok (szobahőmérsékleten)
Alacsony érzékenység (több évszázad, kb. 300 év)	PC, PET, PF, PMMA, fluoropolimerek (PTFE), SI
Közepes érzékenység (egy emberéletnyi idő, kb. 100 év)	CA, CF, bizonyos EP fajták, MF, PAs (PA 6, PA 6.6), UP, PS, észterbázisú PUR habok, PVC, PVDC, UF
Magas érzékenység (egy emberöltőnyi idő, kb. 30 év)	PAN, poliolefinok (PE, PP), POM, éterhabok, PVC, gumi (természetes, kemény)

2.2.4.2 Hőmérséklet és fizikai tulajdonságok

Az olyan fizikai és szerkezeti tulajdonságok, mint a lágyság, rugalmasság, kúszás és szilárdság megváltoznak, ha a hőmérséklet megváltozik. Az amorf, hőre lágyuló műanyagok a legérzékenyebbek a változó hőmérsékletre és a leghajlamosabbak a deformálódásra magas hőmérsékleti viszonyok mellett. Szerves oldószerek jelenlétében ezek a folyamatok felgyorsulnak.

A műanyagok megemelkedett hőmérséklettel szembeni érzékenységét szemléltető paraméterek:

- az üvegesedési hőmérséklet (T_g), az a hőmérséklet, amelyen a műanyag merev, üveges anyagból (T_g alatt) rugalmas, gumyszerű anyaggá válik (T_g felett);
- a behajlási hőmérséklet (HDT), az a hőmérséklet, amelyen egy 127 mm hosszúságú, 13 mm vastagságú és 3 mm – 13 mm szélességű, egymástól 101.6 mm-re lévő pontokon alátámasztott műanyag rúd, kellően rugalmassá válik ahhoz, hogy egy, a közepére ható, 1.82 (264 lb/in.²) MPa erejű nyomás alatt behajoljon.

Minél magasabb egy műanyag T_g vagy HDT értéke, annál kevésbé valószínűbb, hogy deformálódik hőmérséklet megemelkedésével.

A következő hőmérséklettartományokra kell figyelmet fordítani, megnövekedett hőmérséklet esetén:

- 15 – 30 °C egy napi használatban lévő helyiségben
- 30 – 45 °C egy fűtés, szellőztetés és légkondicionálás nélküli, napi használatban nem lévő helyiségben
- 45 °C fölötti hőmérséklet, melegítéssel kártevőellenes fertőtlenítési eljárás esetén

A hőmérséklet megemelkedése esetén a műanyagok szerkezeti tulajdonságainak változását a T_g és a HDT alapján rangsorolva a 6. táblázat szemlélteti.

6. táblázat: A fizikai tulajdonságok (merevség, szilárdság) érzékenysége a megemelkedett hőmérsékletre

Fizikai tulajdonságok (merevség, szilárdság) érzékenységének mértéke a megemelkedett hőmérsékletre	T_g megemelkedett hőmérséklet esetén – műanyagtypusok szerint A zárójelben lévő szám jelzi az adott típus T_g értékét. *	HDT megemelkedett hőmérséklet esetén – műanyagtypusok szerint A zárójelben lévő szám jelzi az adott típus HDT értékét. *
Magas érzékenység Alakváltozás következhet be 15-30 °C közötti hőmérsékleten (nyáron bekövetkező, természetes hőmérsékletemelkedés, fűtés, szellőztetés és légkondicionálás nélküli helyiségben). Ezen műanyagok T_g és HDT értéke épphogy meghaladja a szobahőmérsékletet, így esetükben a legcsekélyebb hőmérsékletváltozás is merevségük elvesztésével és deformálódással járhat.	15 °C and 30 °C közötti T_g PMP (25) PVAC (29)	15 °C and 30 °C közötti HDT EVA (23)
Közepes érzékenység Károsodás léphet fel 30 – 45 °C között (pl. egy olyan helyiségben, amelyben fűtőtestek találhatóak, de fűtés, légcsere és légkondicionálás nincs). Ezen műanyagok T_g és HDT értéke a 30-45 °C közötti hőmérséklettartományba esik, merevségük csökkenhet, deformálódhatnak, megereszkedhetnek.	30 °C – 45 °C közötti T_g PAs (PA 11, PA 1.2, PA 6.10) (40) EVOH (43) PCTFE (45) PAs (PA 11, PA 1.2, PA 6.10) (40) EVOH (43) PCTFE (45)	30 °C – 45 °C közötti HDT LDPE (35) PMP (40) plaszticizáló adalékanyagokat tartalmazó PVC (42) UHMWPE (42) MDPE (43) PA 11 (45)
Alacsony érzékenység Nem történik károsodás míg a hőmérséklet át nem lépi a 45 °C-ot (raktárhelyiségben valószínűtlen, melegítéses fertőtlenítés alkalmazása esetén fordulhat elő)	45 °C – 100 °C közötti T_g CA (49) PAs (PA 6, PA 6.6) (50-60)	45 °C – 100 °C közötti HDT HDPE (46) PTFE (48)

Ezen műanyagok T_g és HDT értéke nagyobb, mint 45 °C, így soha nem veszítik el a merevségüket, nem deformálódnak.	PLA (57) PBT (60-75) kemény PVC (80-90) PVAL (85) HIPS (90) PFA (90) PS (90-100) ABS (96-108) CAB (100) CP (100) PMMA (100)	PA 1.2 (48) PFA (49) XLPE (52) FEP (54) PP (55) PVDC (60) PBT (60) kemény PVC (65) ECTFE (65) CN (66) CA (67) PAN (69) CAB (70) ETFE (70) PA 6 (70) PET (73) CP (77) PF (77) HIPS (78) PS (80) PVF (80) PA 6.10 (83) PA 6.6 (85) PMMA (85) PVDF (88) ABS (89) SAN (95) CPVC (98)
100°C alatti hőmérsékleten nem érzékenyek Ezeket a műanyagtipusokat műszaki műanyagoknak vagy magas hőmérsékletű műanyagoknak nevezzük.	100 °C fölötti T_g CPVC (105) SAN (107.5) PTFE (115–130) PAN (117) CDA (120) PMMA (125) TPU (140) PC (150-175) COC (158) PI (295) aramid (375)	100 °C fölötti HDT POM (123) PC (133) COC (134) PA 4.6 (153) PI (300)
*A felsorolt T_g és HDT értékek középértékek, amelyek a felsorolt műanyagcsaládok teljességére vonatkoznak. Egy adott műanyagcsalád fajtái széles értékskálát ölelhetnek fel.		

2.2.4.3 Alacsony hőmérséklet hatásai

A hőmérséklet csökkenésével bizonyos műanyagok átváltoznak: kemény, de viszonylag rugalmas anyagokból merevebb és ridegebb anyagokká, főleg akkor, ha a hőmérséklet az adott műanyag T_g értéke alá esik. A műanyagok összezsugorodnak, ha lehűlnek. A rögzítetelen, mozgásukban nem akadályozott kialakítású műanyagok nem törnek össze spontán, ha lehűlnek, de merevebbek lesznek, tehát ennek megfelelően kell szállítani és tárolni is őket – elkerülve a rázkódás és ütődés lehetőségét. A rögzített, fixált szerkezetű műanyagok, vagy kompozit műtárgyak alkotóelemeinek zsugorodása törést okozhat.

A műanyagok lecsökkent hőmérséklettel szembeni érzékenységét szemléltető paraméterek: az üvegesedési hőmérséklet T_g és a ridegedési hőmérséklet T_r (az a hőmérséklet, amelyen a műanyag meghatározott körülmények között külső behatás hatására törik). Ezen hőmérsékleti érték alatt a műanyag eltörik, e felett nem történik károsodás.

A következő hőmérséklettartományokra kell figyelmet fordítani alacsony hőmérséklet esetén:

- 15 – 4 °C az olyan tárgyak esetében, amelyeket szobahőmérsékletéről hűvös, alacsony hőfokot biztosító hűtőszekrényekbe, tárolókba helyezünk át
- 4 - -20 °C az olyan tárgyak esetében, amelyeket hűvös hőmérsékleti körülmények közül hideg hőmérsékleti körülmények közé, fagyasztóba helyezünk át, és a hőmérséklet fagypont alá süllyed
- < -20 °C olyan tárgyak esetében, amelyeket a szabadban tárolnak vagy olyan fűtetlen raktárhelyiségekben, ahol a hőmérséklet -20 °C alá süllyedhet

A 7. táblázat szemlélteti a műanyagok fizikai tulajdonságainak a hőmérséklet csökkenésével összefüggő érzékenységét, a T_g és a T_r alapján rangsorolva.

7. táblázat: A fizikai tulajdonságok (merevség, szilárdság) érzékenysége alacsony hőmérséklet esetén

Fizikai tulajdonságok (merevség, szilárdság) érzékenységének mértéke a megemelkedett hőmérsékletre	T_g alacsony hőmérséklet esetén – műanyagtipusok szerint A zárójelben lévő szám jelzi az adott típus T_g értékét. *	T_r alacsony hőmérséklet esetén – műanyagtipusok szerint A zárójelben lévő szám jelzi az adott típus T_r értékét. *
Magas érzékenység Alakváltozás következhet be 20 - 15 °C közötti hőmérsékleten (télen bekövetkező, természetes hőmérsékletcsökkenés, fűtés, szellőztetés és légkondicionálás nélküli helyiségben). Ezen műanyagok T_g és T_r értéke valamivel szobahőmérséklet alatt található, így esetükben a legcsekélyebb hőmérsékletcsökkenés is merevségük megnövekedésével, rideggedéssel és a repedések kialakulására/törésre való hajlam fokozódásával jár.	Szobahőmérséklet közeli hőmérsékleten 15 – 20 °C közötti T_g Egy műanyagtipus sem rendelkezik ebbe a hőmérséklettartományba eső T_g-vel	Szobahőmérséklet közeli hőmérsékleten 15 – 20 °C közötti T_r PMP (20) PS (20) HIPS (20) PMMA (20) SAN (20)
Közepes érzékenység Alakváltozás következhet be 15 – 4 °C közötti hőmérsékleten (ha a tárgyakat szobahőmérsékletről hűvös, alacsony hőfokot biztosító hűtőszekrényekbe, tárolókba helyezük át) Ezen műanyagtipusok T_g és T_r értéke a szobahőmérséklet és az alacsony hőfokot biztosító	Alacsony hőfokot biztosító hűtőszekrény/tároló 15 – 4 °C közötti T_g Egy műanyagtipus sem rendelkezik ebbe a hőmérséklettartományba eső T_g-vel Mélyhűtő 4 - -20°C közötti T_g POM (-15) PVDC (-15) PE (-20) PP (-10 to 20) PVF (-20)	Alacsony hőfokot biztosító hűtőszekrény/tároló 15 – 4 °C közötti T_r Egy műanyagtipus sem rendelkezik ebbe a hőmérséklettartományba eső T_r-rel Mélyhűtő 4 - -20°C közötti T_r PA (0) ABS (0) PP (0 -18)

hűtőszekrények/tárolók, illetve mélyhűtők biztosította hőmérsékleti értékek között helyezkedik el, így merevebbé, ridegebbé válnak, törésre való hajlamuk fokozódik, ha hűvös vagy hideg helyre helyezzük át őket.		
Alacsony érzékenység -20 °C alatti T _g (mélyhűtők biztosította hőmérséklet alatti T _g) (gumi állagú műanyagok) Ezen műanyagok T _g mutatója a mélyhűtők biztosította hőmérsékleti tartomány alatt helyezkedik el, és gumi állagúak. Nem károsodnak, ha szobahőmérsékletre hűvös vagy hideg hőmérsékletet biztosító raktározási körülmények közé kerülnek.	-20 °C alatti T _g plaszticizáló adalékanyagokat tartalmazó PVC (-27.5) PVDF (-33.5) CR (-45.5) EVA (-48) PUR elasztomerek (-48) POM (-55) BR (-68) NR (-70.5) IR (-80.5) BR (-90) SI (-98) PE (LLDPE, LDPE, HDPE) (-110)	-20 °C alatti T _r PVC (-30) PET (-40) PUR elasztomer (-51) NBR (-54) POM (-55) SBR (-62) természetes gumi (-62) EPDM (-68) SI (-68) PUR (-70) PA (-80) PEs (PE, HDPE, LDPE, XLPE) (-100 to -120) PC (-135) Fluoropolimer (ECTFE, ETFE, PTFE, PFA, FEP) (-75 to -270)
*A felsorolt T_g és T_r értékek közéértékek, amelyek a felsorolt műanyagcsaládok teljességére vonatkoznak. Egy adott műanyagcsalád fajtái széles értékskálát ölelhetnek fel.		

2.2.4.4 Milyen esetben tároljuk a műanyagokat hűvös (4 °C, hűtőszekrény) vagy hideg (-18°C, mélyhűtő) körülmények között?

A hűvös és hideg tárolást csak azon műanyag típusoknál szabad alkalmazni, amelyek esetében az oxidációs és a hidrolízis okozta degradációs folyamatok lassításával járó előnyök fontosabbak, mint a rugalmasság elvesztésével és a zsugorodással járó esetleges fizikai sérülések kockázata. Ilyen anyagok lehetnek a cellulóz észterek (MCE), poliuretán (PUR) habok, természetes gumi és talán a poliolefinok (PO). A tárgyakat minden esetben műtárgybarát csomagolóanyagokkal és támasztékokkal kell kipárnázni és kitámasztani, így elkerülhetjük azt, hogy megnyúljanak, deformálódjanak.

A hűvös és hideg helyen tárolni kívánt tárgyakat be kell csomagolni, lehetőleg valamilyen a nedvességet kiegyenlítő anyaggal együtt (pl. paszpartu), a csomagolást pedig úgy kell kialakítani, hogy a lehető legkevesebb levegőt tartalmazza. Ha a tárgyat áthelyezzük hidegből melegbe a csomagolás, és a nedvességmegkötő anyagok semlegesítik a költöztetés során fellépő kondenzáció káros hatásait. A hűvös- és hidegtárolás megvalósítására vonatkozó eljárások bővebben bemutatásra kerülnek a Tárolási stratégiák a veszélyes műanyagokat tartalmazó vegyes anyagú gyűjtemények számára c. részben.

A hidrolízis lassítható a hőmérséklet és az RH alacsonyan tartásával. Mivel a hűvös (hűtőszekrény) és hideg (mélyhűtő) tárolási körülményeket biztosító berendezések beszerzése, illetve karbantartása jelentős anyagi ráfordítást igényel, a legelőnyösebb és legköltséghatékonyabb megoldás a száraz tárolás, maximum 10%-os páratartalom mellett (hűtés nélkül). Ezeket a körülményeket egyszerűen és olcsón kialakíthatjuk dupla csomagolással és deszikkánsok alkalmazásával (RH indikátorok használatával pedig nyomon követhetjük a relatív páratartalom alakulását). Michalski (2000) szerint a 20 °C-on és 8%-os RH mellett megvalósuló tárolás az alacsony ellenállóképességgel rendelkező tárgyak élettartamának megtízszereződését is eredményezheti: míg 20°C és 50% RH mellett a várható élettartam 30-100 év, ez azonban kitolható akár 300-1000 évre is. Bizonyos mértékű hűtés alkalmazásával a várható élettartam tovább növekedhet.

Shashoua (2004) szerint alacsony hőmérsékleten csökken az illékony adalékanyagok (pl. a lágyítók) elpárolgásának mértéke, így a jelentős mennyiségű lágyítót tartalmazó műanyagfélékre [ilyen pl. a rugalmas polivinil-klorid (PVC)] különösen jótékony hatással van a hűvös vagy hideg környezet.

2.2.4.5 Hőmérséklet-ingadozás

A műanyagok hőtágulási együtthatói (CTE) nagyjából tízszer magasabbak, mint a fémé vagy a fáé, és százszorosa a kerámiáénak. A hőmérsékletváltozások ezeknek a magas CTE-értékeknek köszönhetően fizikai feszültséget okoznak a merevített műanyagokban. A hirtelen hőmérsékletváltozások, akár 5°C-os eltérések, is feszültség kialakulásához vezetnek a rögzítések mentén, illetve a többféle műanyagtípusból álló vagy kompozit tárgyak esetében a különböző anyagok találkozási pontjainál. Az ilyen műanyagok esetében a fagyasztás visszafordíthatatlan károsodásokat idézhet elő. Ha egy műanyag tárgyat hideg tárolási körülmények közé akarunk helyezni, vagy onnan ki akarjuk venni, a felmelegedésre és lehűlésre nagy figyelmet kell fordítani: a kondenzáció elkerülése érdekében a tárgy különböző alkotóelemeinek (külső borítás, belső alkatrészek stb.) hőmérséklete közötti eltérés nem lehet nagyobb 6-10 °C-nál (Padfield 2002). Minél vastag falúbb egy tárgy annál fontosabb, hogy a hőmérsékletváltozáshoz való alkalmazkodás lassan és fokozatosan menjen végbe, mivel ezen tárgyak esetében a hőmérséklet kiegyenlítődése lassabban megy végbe. Shashoua (2005) szerint sem fizikai károsodás, sem kondenzáció nem alakul ki a vékony falú tárgyak (<1cm) esetében, ha környezeti hőmérsékletről kiindulva fagyasztjuk le, tetszőleges lehűtési sebesség mellett. A vastag falú tárgyak (>1 cm) esetében kondenzáció alakul ki, amennyiben a tárgy külső és belső részei közötti hőmérsékletkülönbség meghaladja a 10 °C-

ot. A tárgyak hőmérsékletének irányított, lassú változása a környezeti hőmérséklet fokozatos megváltoztatásával érhető el.

2.2.4.6 Javaslatok

- A műanyagok hőérzékenységet a természetes, szerves anyagok hőérzékenységéhez hasonlóan kell kezelni.
 - Kerüljük a hő kibocsátó fényforrások használatát (reflektorok használatát fotózások vagy kiállítások során).
 - Ne helyezzük a tárgyakat hőforrások (radiátorok, fűtőcsövek) közelébe.
 - Ne tároljuk vagy állítsuk ki olyan módon a tárgyakat, hogy azok felmelegedhessenek.
- A hőmérsékletet csökkentésével lelassítjuk a degradációs folyamatok, illetve az illékony komponensek (például a lágyítók) elpárolgását, és redukáljuk a kúszás és a torzulás mértékét.
 - Ne hajlítsuk meg a lehűlt műanyagokat, mivel alacsony hőmérsékleten sokkal törékenyebbek.
 - Használjunk merev, párnázott és a tárgy alakjához igazodó tartóelemeket az alacsony hőmérsékletű tárgyak esetében.
- Kerüljük az ingadozó hőmérsékletet, így csökkenthetjük a nyomás vagy feszültség alatt álló műanyagok esetében a feszültség miatt kialakuló repedések és törések kialakulásának kockázatát.

2.2.5 Nem megfelelő relatív páratartalom

A műanyagok nedvszívó-képessége alacsony, vízbemerítéskor 0% és 10% között mozog. A légköri relatív páratartalomra vonatkozó nedvfelszívó képesség ennél is csekélyebb mértékű; az egyensúlyi nedvességtartalom 50%-os RH esetén a legtöbb műanyag esetében 0-5% között mozog. A relatív páratartalom növekedésével a nedvességtartalom is növekszik; a műanyagok megduzzadnak, hajlékonyabbak lesznek (a T_g lecsökken) és veszítenek ellenállóságukból; a kémiai reakciók (pl. a hidrolízis) felgyorsulnak. Nedves körülmények között beindul a penészesedés. A műanyagok nedvességtartalma csökken a hőmérséklet növekedésével, illetve kiszáradnak, ha felmelegítjük őket. Ezen változások mértéke minden műanyagtípusnál más és más.

2.2.5.1 65-nál magasabb (nyirkos) relatív páratartalmú környezet

A nyirkosság a rendkívül magas páratartalom jele, de tárgyak ilyen körülmények között még nem nedvesek. Nyirkos körülmények között felgyorsul a penészgomba növekedése, főleg akkor, ha megfelelő tápanyagok állnak rendelkezésre: oldódó fehérjék, keményítő vagy

cukor. A Műtárgykárosító tényezők: nem megfelelő relatív páratartalom című jegyzet 1. táblázata a penészesedéssel szembeni érzékenység szerint sorolja fel a műtárgyakat. A szintetikus polimerek önmagukban nem jelentenek tápanyagot a penész számára, így csak abban az esetben jelenik meg, ha a műanyag felszínén olyan jellegű szennyeződés található, amely tápanyagként szolgálhat számára (pl. olajos foltok). Azok műanyagok, amelyek olyan töltőanyagokat vagy lágyítókat (pl. dietil-szebacát) tartalmaznak, amelyek a penész tápanyagaként szolgálhatnak, nyirkos körülmények között közepes érzékenységet mutatnak a penésszel szemben. A műanyagok többsége a közepesnél kisebb érzékenységet mutat a penésszel szemben.

A penész okozta károsodás általában esztétikai jellegű, foltok jelenhetnek meg, amelyet a legfelső réteg szintjén a penész hifái által okozott bemélyedések miatt felületes pontkorrózió kísérhet. A penészfertőzésekkel kapcsolatos további információkért bővebben lásd: Penészfertőzés – azonnali válaszlépések. A penész növekedését a relatív páratartalom szinten tartásával (65% alatt) lehet megakadályozni. Egyik műanyagtípus sem igényel 65% feletti RH-t, ezért igyekezzünk mindig az előírt maximális szint alatt tartani a relatív páratartalmat.

2.2.5.2 0% feletti relatív páratartalom

2.2.5.2.1 Hidrolízis

Néhány műanyag, főleg az polieszterek (CN, CA PVAC), poliamidok (PA) és az poliuretánok (PUR) esetében a fő lebomlási folyamat a hidrolízis, a molekulák víz hatására történő felbomlása. A hidrolízist fokozza a savas környezet, amelyet szennyeződések idézhetnek elő. A hidrolízis mértékét csökkenthetjük a relatív páratartalom csökkentésével. Általános szabályként elmondható, hogy a hidrolízis mértéke, több mint a felére csökkenhet, ha a relatív páratartalom felére csökken. A hidrolízis mértéke több, mint kétszeresére csökken, ha a relatív páratartalom 25% alá csökken. A relatív páratartalom 10% alá történő csökkentésével egyre hatékonyabban redukálható a nedvességtartalom is. Bizonyos nedvességtartalom mellett olyan kevés víz áll rendelkezésre a reakcióhoz, hogy a hidrolízis nem következik be.

Például a polietilén (PET) hidrolízise feldolgozási hőmérsékleten indul el (abban az esetben, ha az anyag nem száraz). A DuPont Teijin Mylar polietilén gyártásához a gyártó ajánlása szerint a fólia víztartalmát 0.1% alá kell csökkenteni, amihez 10% alatti relatív páratartalom szükséges, megállapítva azt is, hogy ennél nagyobb mennyiségű nedvességnek kell jelen lennie egy rendszerben ahhoz, hogy a fólia ridegedését okozó hidrolízis beinduljon (DuPont 2003). Ennélfogva a 10%-os RH egy kritikus felső értéknek tekinthető, amely alatt a hidrolízis nem indul be.

8. táblázat: A műanyagok szobahőmérsékleten történő hidrolízisre való érzékenysége

Érzékenység mértéke szobahőmérsékleten	Hidrolízisre érzékeny műanyagok
Magas érzékenység	CA, CAB, CN, UF
Közepes érzékenység	PA 6, PA 6.6, POM, PUR hab (éter- és észterhabok), gumi (természetes, kemény), CF, MF
Alacsony érzékenység	epoxi, PAN, PC, PE, PET, PF, PMMA, poliészter (telítetlen), PP, PS, PTFE, PVC, SI

A relatív páratartalom csökkenésével a műanyagok egyre szárazabbak válnak, egyúttal ridegebbek és törékenyebbek is lesznek. Mivel alacsony relatív páratartalom mellett törékenyebbé válnak, mozgatás esetén fokozott figyelemmel kell eljárni, mint minden sérülékeny műtárgy esetében. Az alacsony relatív páratartalom miatt lelassuló degradációs folyamatok nyújtotta előnyök többet nyomnak a latban, mint az alacsony relatív páratartalom miatt kialakuló fokozott törékenység, mivel mozgatás esetén az ebből fakadó veszélyeket kiküszöbölhetjük megfelelő kitámasztás alkalmazásával és fokozott odafigyeléssel. A múzeumi tárgyak kitámasztásáról a [Mount-making for Museum Objects](#) (Barclay és tsai. 1998) című kiadványban olvashatunk.

2.2.5.2.2 Megduzzadás

A nedvességfelvétel miatt kialakuló duzzadás a nedvességtágulás segítségével számszerűsíthető (CME, más néven nedvességtágulási együttható és duzzadási együttható). Ez a duzzadás és a relatív páratartalom változásának aránya, a duzzadás mértéke (cm) per kezdeti hossz (cm), az RH százalékos arányára vonatkoztatva [vagy mikrofeszültség ($\mu\epsilon$)/%RH, ahol $[\text{nyúlás}] = [\text{hosszváltozás}]/[\text{kezdeti hossz}]$]. A műanyagok nedvességtágulással (duzzadás) szembeni érzékenységéről bővebben lásd a 9. táblázatot.

A műanyagok csak akkor duzzadhatnak, ha nedvességet vesznek fel. A nedvességfelvétel egyik gyakori mérőszáma a súly/tömeg változás, miután 24 órán keresztül vízben áztatták őket. Ez hasznos mérőszám lehet a műanyagok érzékenységének/sérülékenységének meghatározásában áradás esetén is. A műanyagok vízfelszívó-képességét a 9. táblázat részletezi.

9. táblázat: A műanyagok nedvességtágulással szembeni érzékenysége, ill. vízfelszívó képessége 24 órás immerziót követően

Nedvességtágulással szembeni érzékenység és vízfelszívó képesség mértéke	Megduzzadásra hajlamos műanyagok A műanyag melletti szám a specifikus CME-t jelzi [mikrofeszültség($\mu\epsilon$)/%RH*]	Vízfelszívó képesség (24 órás immerzió) (%) A műanyag melletti szám a %-os súlynövekedést jelzi 24 órás immerziót követően*
Alacsony	PS (0–2) fluorpolimer (0.6) PC (0.8) PVC-PVAC (6) PET (6) PF, öntött, laminált (8-9) UF (11) PMMA (16) PVB (20)	HDPE (0.0075) LLDPE (0.0075) UHMWPE (0.0075) PTFE (0.0075) XLPE (0.0075) COC (0.01) FEP (0.01) LDPE (0.01) PMP (0.01) PFA (0.02) Gumi, kemény (0.02) PS (0.025) ETFE (0.03) PCTFE (0.03) PVDF (0.04) PP (0.055) EVA (0.068) CPVC (0.085) ECTFE (0.1) HIPS (0.1) PVDC (0.1)
Közepes	POM (23) PF, öntött (30–40) etilcellulóz (32–48) CAB (35) CN (40–42) CTA (42) PMMA (42) UF, öntött (70)	PBT (0.15) PC (0.15) PET (0.15) merev PVC (0.22) SAN (0.225) PMMA (0.25) PAN (0.3) POM (0.325) MF (0.4) PF (0.4) PA 610 (0.5) plaszticizált PVC (0.6) PUR (0.8) ABS (0.93)

Magas	CA (120) CF (1100)	merev PA 1.2 (1.15) rugalmas PA 11 (1.2) PI (1.39) merev PA 11 (1.4) rugalmas PA 12 (1.4) UF (1.5) CAB (1.55) PA 6 (1.75) PA 66 (2) PVAC (2) CN (2) CP (2.1) CDA (2.15) PA 46 (2.5) CA (4.45) EVOH (8) CF (8) SBR (13)
*A felsorolt CME és vízfelszívó-képesség értékek közéértékek, amelyek a felsorolt műanyagcsaládok teljességére vonatkoznak. Egy adott műanyagcsalád típusai széles értékskálát ölelhetnek fel.		

Vegyük figyelembe azt, hogy a műanyagok CME értékei (<200) sokkal alacsonyabbak a természetes, biológiai eredetű anyagok CME értékeinél: elefántcsont (205), olajfesték (248) és fa (400 és 700 között). A műanyagok, a kazein-formaldehid (CF) kivételével, sokkal kevésbé hajlamosak a duzzadásra, mint a természetes, biológiai eredetű anyagok.

2.2.5.2.3 Nedvesség okozta lágyulás

A víz meglágyítja a műanyagokat, vagyis az üvegesedési hőmérsékletük (T_g) lecsökken a relatív páratartalom megnövekedésével, ennek következtében hajlékonyságuk megnő, szilárdságuk csökken. A szilárdságot érintő változások gyorsak is lehetnek, ha a T_g a környezeti hőmérséklet szintjére esik vissza. A relatív páratartalom növekedése miatt a műanyagok szilárdsága csökken, ennek következtében az olyan teherviselő tartóelemek, mint a tárgyak függesztéses kiállítása során használt nylon szálak vagy műanyag támasztékok és az állványok illesztékeit rögzítő ragasztók, elszakadhatnak. Ez fokozatosan is történhet, ha pl. a szálak megnyúlása a kúszással áll összefüggésben, de hirtelen is bekövetkezhet, ha a szerkezeti elem feszültsége magasabb lesz, mint szakítószilárdsága. Nyomást és feszültséget egy tárgy önsúlya is előidézhethet.

2.2.5.2.4 Lerakódások nedvesség hatására történő elfolyósodása

Néhány műanyagtípus, legfőképp a vulkanizált keménygumi (Ebonit, Vulkanit), a cellulóz-nitrát (CN), és a cellulóz-acetát (CA) hidrolízise során ionos bomlástermékek keletkeznek (szulfátok, nitrátok, acetátok), amelyek reakcióba léphetnek a légkörben található szennyező anyagokkal, a műanyagokban lévő vegyületekkel vagy a környező anyagokkal, olyan elfolyósodó lerakódásokat hozva létre, mint az ammónium-szulfát, ammónium-nitrát és -szulfát, vagy ammónium-acetát (3. ábra). Amikor a relatív páratartalom magasabb lesz, mint az egyes sókra jellemző specifikus érték, az elfolyósodó sók sóoldatcseppeket képeznek azáltal, hogy feloldódnak a levegőből felszívódó nedvességben. A műanyag felületeken lévő sóoldatcseppek más tárgyakat is károsíthatnak, ha érintkezésbe kerülnek azokkal. Az elfolyósodásról további információk találhatóak az Relatív páratartalom egy adott kritikus érték felett vagy alatt c. részben, amely a Nem megfelelő relatív páratartalom által okozott műtárgykárosodások, és legveszélyeztetettebb gyűjtemények szakaszban, a Műtárgykárosító tényezők: nem megfelelő páratartalom fejezetben található.

A műanyagokra nem jellemző az elfolyósodás, tehát csak akkor jelent kockázatot, ha a műanyagon elfolyósodó lerakódások találhatóak.



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet CCI 120210-0029

3. kép. A keménygumiban (ebonit, vulkanit) lévő kén a levegőben oxidálódik, és kén-oxid gázok keletkeznek, amelyek a levegő nedvességével reagálva savas oldatokká válnak a keménygumi felületén. Fémekkel érintkezve ezek a savak reakcióba lépnek, ami korróziós lerakódások és szedimentumok képződését eredményezi. Ezek gyakran feloldódnak az abszorbeált nedvességben a relatív páratartalom kritikus szintje felett, és korróziós termékek cseppecskéit képezik, amelyek szétterjednek a fémen. Amikor a relatív páratartalom a kritikus elfolyósodási szint alá esik, a cseppecskék felszáradnak, és szilárd korróziós termékeket hagynak maguk után.

2.2.5.3 A relatív páratartalom ingadozása

A relatív páratartalom ingadozásának hatásairól bővebben lásd: "A relatív páratartalom ingadozása" c. rész, a Nem megfelelő relatív páratartalom által okozott műtárgykárosodások, és a legveszélyeztetettebb gyűjtemények szakaszának, a Műtárgykárosító tényezők: nem megfelelő relatív páratartalom fejezetét.

2.2.5.3.1 A nedvesség felszívódásának mértéke a relatív páratartalom változásának függvényében

Az relatív páratartalom ingadozása csak abban az esetben okoz szerkezeti károsodást, ha a nedvesség abszorpciója és deszorpciója annyira gyorsan megy végbe, hogy a tárgy nedvességtartalma hirtelen és jelentős mértékben megváltozik. Például a nejlón esetében, amely egy nedvességre érzékeny műanyag, 50%-os páratartalom és 2,75%-os nedvességtartalom mellett, az RH változásával járó nedvességfelvétel mértéke vagy a nedvességtartalom változása igencsak lassú. Az óránkénti, naponkénti, hetenkénti, vagy éppen havi akár 50%-os RH ingadozás is csak kis mértékben befolyásolja a műanyagok nedvességtartalmát.

2.2.5.4 Javaslatok

- Előzzük meg a magas relatív páratartalom kialakulását, amely penészesedést indíthat el. Bővebb információkért lásd: Műtárgykárosító tényezők: Nem megfelelő relatív páratartalom.
- Csökkentsük a relatív páratartalmat.
 - Minden műanyagtípus számára kedvezőbb az alacsonyabb relatív páratartalom, mint a magasabb: ilyenkor a hidrolízis folyamata lelassul.
 - A száraz műanyagok ridegebbek, így óvatosabban kezeljük őket, használjunk merev, párnázott és alakkövető tartóelemeket és támasztékokat.
 - Alacsony relatív páratartalom mellett a statikus elektromosság fokozódik, figyeljünk az emiatt megtapadó szennyeződésekre, illetve a sérülékenyebb, porszerű és szálas felületeken esetlegesen kialakuló sérülésekre.
- Kerüljük el a nagymértékű relatív páratartalom ingadozásokat.
 - Így elkerülhetjük a nedvességre érzékeny műanyagok megrepedését.
 - Az karbamid-formaldehid (UF) esetében a nagymértékű relatív páratartalom ingadozás felületi mikrorepedések kialakulásához vezethet.
 - A kazein-formaldehid (CF) esetében a magas relatív páratartalomnak való hosszú idejű kitettség duzzadást és vetemedést idézhet elő.

2.3 Tárolási stratégiák a veszélyes műanyagokat tartalmazó vegyes anyagú gyűjtemények számára

Ne ijedjünk meg ha kiderül, hogy a ránk bízott gyűjteményben műanyagok is vannak – bármennyire is rossz állapotban lennének!

A műanyagok többsége nem számít veszélyes műanyagnak, de még a veszélyes műanyagok sem jelentenek feltétlenül károsak – még akkor sem, ha szennyezettek, megsárgultak vagy repedezettek. Tennivalók:

- Azonosítsuk be azokat műanyagokat, amelyek minden kétséget kizáróan kárt okozhatnak a gyűjtemény többi részében, majd helyezzük el őket egy jól szellőző helyiségben későbbi vizsgálat céljából.
- Azonosítsuk be azokat a műanyagokat, amelyek potenciálisan veszélyesek lehetnek, és rendszeresen ellenőrizzük azokat.
- Az elkülönített tárgyak esetében alkalmazzuk a negyedik lépésben felvázolt eljárások egyikét.

2.3.1 Alapvető tárolási eljárások

- Használjunk elválasztó fóliát a veszélyes műanyagból készült alkotóelemek izolálásához [pl. helyezzünk polietilén-tereftalát (PET) lemezt vagy fóliát a gombok és szövetek közé a ruhák esetében vagy a távíró berendezéseknél az ebonitból készült szigetelés és a sárgaréz vezető közé).
- Ne helyezzük zárt tartóba és ne csomagoljuk be azokat a műanyagokat, amelyek bomlástermékeket bocsátanak ki, mert így felgyorsíthatjuk a degradációs folyamatokat.
- Távolítsuk el a tárgyak azon komponenseit, amelyek veszélyes műanyagból készültek, és helyettesítsük nem veszélyes műanyagból készült másolatokkal [pl. cellulóz-nitrátból (CN) készült ruhamerevítők helyett használhatunk polietilén-tereftalát (PET) másolatokat].

2.3.2 Optimális tárolási eljárások

- Kerüljük el a műanyagok által kibocsátott szennyező gázok felhalmozódását a veszélyes műanyagok elkülönítésével, megfelelő szellőztetés biztosításával vagy szorbens használatával.
- Szellőztessünk a raktárhelyiségekben az egészségre ártalmas gázok felhalmozódásának elkerülése érdekében.
- Használjunk krezolvörös indikátor papírt és szalagot a cellulóz-nitrát (CN), illetve brómkrezolvörös indikátort a cellulóz-acetát (CA) alapanyagú, egészségre ártalmas

gázokat kibocsátó tárgyak beazonosításához és monitorozásához, a kiállításokban és raktárakban egyaránt (az indikátorok előállításáról és használatáról bővebb információért lásd: A krezolvörös és módosított brómkrezol zöld indikátorok előállítása és használata).

- A raktárhelyiségekben és kiállítóterekben biztosítsuk a lehető legalacsonyabb hőmérsékletet, kerüljük el a hőmérséklet-ingadozásokat.

Távolítsuk el a kockázatot jelentő tárgyakat a raktárból, így a többi tárgy a helyén maradhat. A prioritások ily módon történő meghatározásával ellenőrzés alatt tarthatjuk a degradálódó műanyagok jelentette kockázatokat anélkül, hogy szükségünk lenne többlet helyre vagy emberi erőforrásra, illetve eszközökre. A legtöbb erőforrást általában visszafordíthatatlan mértékben károsodott tárgyak emésztik fel. Koncentráljunk inkább azokra a tárgyakra, amelyeket még meg lehet menteni. Az állagmentő eljárásokat alább vázoljuk fel:

2.3.3 A vegyes gyűjteményekben található káros műanyagokat érintő eljárások - öt lépésben

2.3.3.1 1. lépés: Különítsük el a károsodások nyomait mutató műanyagokat

- Ha egy műanyag egyértelműen károsodást idéz elő a körülötte/mellette elhelyezett tárgyakban, ill. csomagolóanyagokban (degradálódott, ragacsos, megpuhult, ellágyult) vagy
- Ha a műanyagnak savas, kén-hidrogén szaga van, szivárgást, nedvesedést észlelünk, vagy a tárgy anyaga elkezd lemorzsolódni:
 - a. Helyezzük a tárgyat egy elkülönített, hideg és megfelelő szellőzéssel rendelkező helyiségbe (pl. egy páraelszívóba) későbbi vizsgálat céljából (3. és 4. szakasz). Mozgatásnál legyünk óvatosak; ugyanis a felülete törékeny és/vagy savas lehet. Mozgatás során rögzítsük megfelelően az instabil vagy repedezett, törékeny műanyagokat, elkerülendő a mozgatásból adódó sérüléseket.
 - b. Tisztítsuk meg alaposan az érintett területet, cseréljük ki a szennyezett vagy károsodott csomagolóanyagokat.
 - c. Intézkedjünk az esetlegesen károsodott, nem műanyag alapanyagú műtárgyak restaurálását illetően.
- Ha egy műanyag szagtalan, és nem okoz károsodást az őt körülvevő tárgyakban és csomagolóanyagokban és épnek tűnik, lépünk tovább a második szakaszhoz.

2.3.3.2 2. lépés: Ellenőrizzük a jó állapotban lévő műanyagok savas kibocsátását

Sok esetben a degradáció még csak kezdeti fázisban van, látható jelek nélkül. Ellenőrizzük mindegyik műanyagot az indikátorok segítségével, így kiszűrhetjük a gázkibocsátást és még azelőtt kiemelhetjük a többi tárgy közül, mielőtt károsíthatná azokat. A kibocsátások megfelelő észlelése érdekében az indikátorokat legalább 24 órán keresztül a tárgyak közelében kell hagyni.

- A krezolvörös kimutatja a cellulóz-nitrát (CN) által kibocsátott erős, oxidáló hatású savak jelenlétét.
- A módosított brómkrezolzöld indikátorpapírok (A-D csíkok) kimutatják a gyenge szerves savakat, a kénes-, kén- és sósavakat, illetve segítenek beazonosítani a nem megfelelő tárolási körülmények hatására kialakuló, savasodást okozó légszennyező anyagokat is. A tesztet sötétben kell elvégezni, mivel az A-D csíkok könnyen elhalványulnak (halvány zöldes színűekké válnak), így az eredmény félrevezető lehet, a valóságosnál magasabb savasságot indikálhatnak. Az oxidálószeres hatására a brómkrezolzöld nagyon gyorsan kifehéredik, így csak korlátozottan használható a cellulóz-nitrát (CN) műanyagok monitorozására (az indikátorok előállításáról és használatáról bővebb információkért lásd: A krezolvörös és módosított brómkrezolzöld indikátorok előállítása és használata).
 - Ha a krezolvörös sárgából rózsaszínné válik, különítsük el a műanyagot egy hűvös, elzárt, megfelelően szellőző helyiségben, későbbi vizsgálat céljából. Ez a színváltozás azt jelzi, hogy a tárgy már komoly veszélyt jelent a gyűjteményre. (Folytassuk a 4. szakasszal).
 - Ha az A-D csík kékről zöldre, majd sárgára vált, különítsük el a tárgyat egy hűvös, megfelelően szellőző helyiségben és folytassuk a 4. szakasszal.
 - Ha az indikátor színe nem változik meg, a tárgyat a helyén hagyhatjuk és folytassuk a 3. szakasszal.

2.3.3.3 3. lépés: A potenciálisan káros műanyagok beazonosítása

Ha már túl vagyunk az első két lépésen, a nyilvánvalóan degradálódott állapotú és a gyűjteményre egyértelműen káros hatást kifejtő tárgyak kiemelésén, elmondható, hogy a gyűjtemény fennmaradó része biztonságban van. Segítségünkre lehet a jövőbeni munkaterhelés minimalizálásában, ha fokozatosan beazonosítjuk az összes káros műanyagból készült tárgyat. Koncentráljunk először a cellulóz-nitrátot (CN) tartalmazó tárgyak beazonosítására, mivel ez a műanyagtípus jelenti a legnagyobb veszélyforrást a gyűjteményekben, éppen ezért szakszerű kezelést igényel. Ugyanakkor egyike a cseppentéses tesztek segítségével legkönnyebben beazonosítható műanyagoknak.

Cseppentéses tesztek (lásd 3. táblázat) vagy vizsgálat segítségével határozzuk meg, hogy mely tárgyak készültek káros műanyagokból, vagy tartalmaznak káros műanyagokat.

- Ha a műanyag cellulóz-nitrát (CN), akkor hagyjuk a raktárban és tegyünk mellé krezolvörös indikátort (4. kép). Félévenként végezzünk ellenőrzést, a krezolvörös indikátort pedig két-három évenként cseréljük ki.
- Ha a műanyag a fennmaradó öt káros műanyag közül az egyik, hagyjuk a raktárban és félévente teszteljük újra. (A krezolvörössel szemben az A-D tesztcsíkok nem alkalmasak monitorozási célra.)



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 120210-0087

4 kép. Krezolvörössel átítatott zsinórokat a tároló széleihez rögzítették. Ez a módszer nagy segítséget jelent vegyes gyűjtemények megfigyelésében, ahol a cellulóz-nitrátot (CN) még nem azonosították, de valószínűleg jelen van (pl. legyezők, táskák, kalapok és féldrágaköveket tartalmazó gyűjtemények esetében). A tárgyak a zsinórok eltávolítása nélkül is hozzáférhetőek maradnak.

2.3.3.4 4. lépés: Hogyan bánjunk a korrozív műanyagokkal?

Ha végeztünk a raktárban elhelyezett műanyagok ellenőrzésével, ideje újra szemügyre venni a kiemelt és karanténba helyezett tárgyakat. Többféle tárolási mód szóba jöhet, a tárgy természetének, méretének és szilárdságának függvényében. A gumi és a nagy plaszticitású műanyagok megpuhulhatnak és ragacsossá válhatnak, ezért megfelelő kitámasztást és elválasztást igényelnek. Használjunk olyan tapadás- és ragadásmentes anyagokat, mint pl. a szilikon. A következő lehetőségek közül kiválaszthatjuk a megfelelő óvintézkedéseket.

2.3.3.4.1 Hűvös (4°C) és hideg (-18 °C) tárolás

Alacsony hőmérsékleten lelassulnak a kémiai reakciók, következésképpen lelassul az állapotromlás és a gázkibocsátás is, az ilyen tárolási környezet megfelelő a hidrolízisre érzékeny cellulóz-észterek és a termikus oxidációra érzékeny műanyagok esetében. A kémiai bomlási folyamatok mértékének csökkenése maga után vonja a depolimerizációval és az adalékanyagok/stabilizátorok elvesztésével járó fizikai elváltozások minimalizálását, ezáltal a tárgy sokkal hosszabb ideig kiállítható állapotban marad.

Hűvös (megközelítőleg 4 °C) és sötét körülményt biztosítanak a fagymentes hűtőszekrények és az alacsony páratartalmú, hűvös raktárhelyiségek. A szobahőmérséklethez viszonyítva, a 4 °C-on, hűvös körülmények között megvalósuló tárolás nagyjából megtízszerezi a tárgyak élettartamát, de nem állítja le teljesen a degradációs folyamatokat, ezzel egyidejűleg a káros gázkibocsátást is csökkenteni kell valamilyen módon. A háztartási fagyasztókban biztosítható körülmények (általában -18 °C alatti hőmérséklet) között a kémiai reakciók méginkább lelassulnak, a tárgyak élettartama nagyjából 250-szeresével növekszik.

A hűvös és hideg tárolás hasznos a kisméretű, egy típusú műanyagból álló, rögzített alkatrészeket nem tartalmazó tárgyak esetében, pl. öntött Ebonit nyakláncok, polivinil-klorid (PVC) övek, habszivacs, poliuretán (PUR) bábuk. Azok a kompozit tárgyak, amelyek rögzített szerkezetűek, és amelyeknek alkotóelemei különböző hőtágulási együtthatóval rendelkeznek, eltörhetnek, de ez meglehetősen ritkán fordul elő. Az alacsony hőmérsékleten való tárolás előnyei meghaladják a termikus károsodással járó esetleges kockázatokat. Ezt a módszert gyakran alkalmazzák a nitrát, acetát és propionát negatívok degradációjának megelőzésére mindaddig amíg átmásolhatóak lesznek egy kevésbé reaktív médiahordozóra. Bővebb információkért lásd: Nem megfelelő hőmérséklet.

A hűvös és hideg helyen raktározandó tárgyakat vízálló tárolóládákban kell elhelyezni, hogy megfelelően szabályozni tudjuk a tárgyak körüli nedvességtartalom mértékét. Erre alkalmasak lehetnek az üvegből készült, hermetikusan záródó vagy a műanyagból készült, vízálló tárolók és kétrétegű polietilén (PE) és polietilén-tereftalát (PET) fagyasztózacskók. A műanyagok jóval törékenyebbek alacsony hőmérsékleten, ezért megfelelően kipárnázott dobozokra és tálcákra is szükségünk lehet. Az abszorbensek és pufferanyagok, mint például a narancssárga szilikagél, a tároló légtérének körülbelül egyharmadát kell, hogy kitöltsék.

Az indikátoros szilikagél színváltozással jelzi telítettségét: megőrzi eredeti színét mindaddig, amíg a tárolóban levő levegő száraz marad. Abban az esetben, ha színváltozást észlelünk, ki kell cserélni. A szilikagélt ne használjuk újra, mert rendszerint megszívja magát a műanyagokból kipárolgó gázokkal, amelyeket meglehetősen nehéz eltávolítani. Évente legalább egyszer ellenőrizzük az így elhelyezett tárgyakat.

A fényképek hideg körülmények közötti tárolásához ajánlott csomagolóanyagok a műanyagok hideg körülmények közötti tárolásához is megfelelőek. Bigelow (2004) leírja a hidegben történő tárolás szükséges eszközeit és módszereit.

Ha szobahőmérsékletű helyiségbe kerülnek, a tárgyak maradjanak a csomagolásban vagy tárolóban, ameddig akklimatizálódnak; csak az akklimatizálódás után csomagoljuk ki őket, így elkerülhetjük a kondenzációt. Ha egy tárgyat egy bizonyos hőmérsékletű tárolási környezetből egy eltérő hőmérsékletű tárolási környezetbe helyezünk át, a termikus sokk elkerülése érdekében, takarjuk be izotermikus fóliával vagy helyezzük polisztirol (PS) hűtődobozba.

2.3.3.4.2 Szorbensek

Bizonyos műanyagokból degradációjuk során illékony anyagok szabadulnak fel, amelyek károsíthatják a közelükben elhelyezett tárgyakat. A gázkibocsátás mértéke ellenőrzés alatt tartható és csökkenthető a gyűjteményeknek helyet adó létesítmények számára előírt módszerek gyakorlatba ültetésével, bővebben lásd: Műtárgykárosító tényezők: Szennyező anyagok.

A magas gázkibocsátású műanyagok esetében, vagy akkor, ha egy tárgy közvetlen környezetét akarjuk kontroll alatt tartani, szükség lehet a tárgy izolálására és becsomagolására. Ebben az esetben szorbensek használata válik szükségessé a felszabaduló gázok megkötésére.

A szorbensek hathatósan alkalmazhatóak a gázok megkötésére, de bizonyos korlátokkal rendelkeznek, ezért alaposan ismernünk kell a korlátaikat. Nem megfelelő használatukkal nagyobb károkat okozhatunk, mintha egyáltalán nem használnánk őket. A szorbensek használatának egyik nagy előnye, hogy a tárgyak visszahelyezhetőek a raktárba, amennyiben jól záródó dobozban vagy zacskóban vannak elhelyezve a szorbenssel együtt, és rendszeres ellenőrzés alatt tartjuk őket.

i.) Fizikai szorbensek [szilikagél, aktívszén, zöld agyag(montmorillonit), zeolitok]

Mindegyik szorbens más-más anyag esetében hatékony. A maximális hatékonyság elérésének érdekében a felhasználandó szorbenseknek a szennyező anyagokat kell megkötniük, illetve elegendő felülettel kell rendelkezniük nagy mennyiségű szennyeződés megkötéséhez. Például a zöld agyag és a zeolitok eredményesen alkalmazhatóak a cellulóz-acetát (CA) és a karbamid-formaldehid (UF) kipárolgása során felszabaduló ecet- és hangyasav megkötéséhez. A fizikai szorbensek nemcsak abszorbeálnak, hanem deszorbeálnak is, így a megkötött szennyező gázok helyét idővel más gázok vagy nedvesség is átveheti, illetve a szennyező gázok deszorbeálódhatnak, ha a szennyezőanyag parciális nyomása leesik, a nyomás pedig lecsökken.

A fizikai szorbensek felszívják a vízpárát. A szorbenst körülvevő gázok „harcolnak” a szorbens reaktív felületeiért. Egy többféle gáznemű összetevőből álló légkörben, az egyes abszorbeált anyagok mennyisége megközelítőleg arányos a gázok legköri koncentrációjával. 50% RH és 25 °C mellett a víz koncentrációja megközelítőleg $10 \text{ g/m}^3 = 10,000 \text{ mg/m}^3$. Az ecetsav szagküszöb értéke 0.04 mg/m^3 . Tehát egy olyan szekrényben, amelyben enyhe ecetszag érzékelhető, a fizikai szorbens túlnyomórészt vizet fog felszívni, nem ecetsavat. Emiatt a fizikai szorbensek alacsony relatív páratartalom mellett képesek a leghatékonyabban felszívni a szennyező anyagokat.

2.3.3.4.3 Alkalmazás

Egy, a tárgynál nagyobb mérettel rendelkező, átlátszó dobozt [vagy egy tálcán elhelyezett, kétrétegű, jó párazáró anyagból (pl. PET) készült zacskót] kb. egyharmadáig megtöltünk szorbenssel. A tárgyat ráhelyezzük, figyelve arra, hogy ne kerülhessen közvetlen kapcsolatba a szorbenssel. Ehhez használhatunk pl. polipropilén (PP) vászonból készített hengert vagy egy alacsonyabb szélű, kisebb dobozt. Szükséges még elhelyezni egy szennyezőanyag-indikátort, a szorbensréteg felett és minél közelebb a tárgyhoz, ez lehetővé teszi a szorbens működésének és hatékonyságának ellenőrzését. Az átlátszó dobozt légmentesen zárjuk le.

ii) Vegyi szorbensek (Ageless oxigénmegkötő, kalcium-karbonát vagy finom eloszlású fémek, amelyek úgy vonják ki a szennyezőanyagokat, hogy reakcióba lépnek azokkal és új anyagokat hoznak létre)

A kalcium-karbonáttal pufferelt papírt már sok éve használják a cellulóz-acetát (CA) és cellulóz-nitrát (CN) negatívok által kibocsátott savak semlegesítésére, átalakítva azokat kalcium-nitráttá és acetáttá. Sajnálatos módon a pufferelési hatékonyságuk nem megfelelő a műanyagok számára előírt, alacsony páratartalmú környezetben, valamint a műanyagok nem érintkezhetnek a pufferanyaggal, mivel a reakció során képződő sók reagálva a légköri nedvességgel elfolyósodnak és cseppfolyóssá válnak.

Az oxigén-abszorberek alkalmasak a poliuretán (PUR), a gumik, valamint a fotó- és termikus oxidációra hajlamos műanyagok esetében. Ha csomagolásként rugalmas és oxigént át nem eresztő fóliát használunk, amelyben oxigénabszorbenseket (pl. Ageless) helyezünk el, akkor viszonylag egyszerűen és gazdaságosan alakíthatunk ki oxigénmentes környezetet egy-egy tárgy számára (5.-8. kép). A hátrány ebben az esetben az, hogy nehéz megállapítani mikor válik szükségessé az oxigénabszorbensek cseréje, mivel az indikátorok, pl. az Ageless Eye, nem mindig pontosak. A cellulóz-nitrát (CN) tárolása esetében az oxigénmegkötő abszorber használata indokolatlan, mert degradációja során saját oxidáló vegyületei szabadulnak fel, és ami még ennél is fontosabb, a degradációja főleg hidrolízis, és nem oxidáció útján következik be. Ebben az esetben a relatív páratartalom csökkentésével lehet a leghatékonyabban csökkenteni a hidrolízis mértékét.



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 122641-0002

5. kép. Az oxigénmentes (anoxikus) tároló elkészítésének első lépéseként, három oldalról meleghegesztéssel lezárjuk az oxigénzáró fóliát.



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 122641-0001

6. kép. Rögzítsük megfelelően a tárgyakat, majd helyezzük be azokat az előkészített fóliába.



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 122641-0005

7. kép. Lyukasszuk ki az Ageless Eye indikátor kis tasakját - így léphet majd érintkezésbe tasak belsejében lévő levegővel - majd azonnal helyezzük be az indikátort a rögzített tárgyakat tartalmazó fóliába.



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 122641-0006

8. kép. Helyezzük be a megfelelő mennyiségű Ageless oxigénabszorbenst tartalmazó tasakot az indikátorok és a tárgyak mellé, majd azonnal zárjuk le a nyitott oldalt; így egy teljes mértékben zárt csomagolást fogunk kapni.

A rugalmas fóliák helyett használhatunk merev falú, inert gázzal feltöltött tárolókat is, pl. üvegbúrát. Hermetikusan lezárt, inert gázokkal feltöltött kiállítási vitrineket is készíthetünk, de ezeket meglehetősen nehéz úgy kialakítani, hogy légmentesen záródjanak.

Az olyan, apró fémrészecskéket tartalmazó abszorbensek, mint a Corrosion Intercept, megfelelően alkalmazhatóak a poliuretán (PUR), a karbamid-formaldehid (UF) és a gumi esetében. A finomszemcsés rézport tartalmazó polietilén (PE) fólia vagy simítózáras zacskó abszorbensként és védőréteggként is funkcionál; mivel a felszabaduló savak reakcióba lépnek a polietilén (PE) fóliában lévő rézrészecskékkal. A rézrészecskék telítettségét követően jól látható színváltozás következik be: az abszorbens fémes rézszínűből kopottas zöldes-fekete színűvé válik – ennek köszönhetően nagyon könnyen figyelemmel kísérhető. A hátránya az, hogy a tárgyak nem láthatóak, ezért az érzékenyebb darabokat megfelelően ki kell támasztani a csomagoláson belül, és lehetőleg használjunk hordozótálcákat a tárgyak mozgatásához. Nem ismert azonban, hogy a sav eltávolításának sebessége megfelelően gyors-e ahhoz, hogy megakadályozza a korrozív gázok káros szintű koncentrációjának kialakulását. Ha erős szagot észlelünk, további pufferanyagot is tehetünk a csomagba.

A Corrosion Intercept fólia kiserelésben kapható, így fóliahegesztő készülékkel rendhagyó formájú tárgyak számára is készíthetünk jól záródó csomagolást. Vákuumfóliázással tovább fokozhatjuk a védelmet, de egyéb szorbenseket is elhelyezhetünk a tárgy mellett. A Corrosion Intercept reakcióba lép az illékony kénvegyületekkel, valamint savakkal. A Corrosion Intercept és az Ageless oxigénabszorbens egyidejű használata ígéretes tárolási módszer lehet a gumi és a poliuretán (PUR) esetében, mivel a rézrészecskék jelenlétének következtében a polietilén (PE) fólia hatékony védőréteget képez a fénnel és nedvességgel szemben is. Viszont nem érintkezhet különböző olajos felületi kiválásokkal, amelyek rendszerint a poliuretán (PUR) és a polivinil-klorid (PVC) tárgyak felületén képződnek. Az olajos felületi kiválások hatására a polietilén (PE) fólia megduzzad, és bizonyos esetekben a rézrészecskék és a polivinil-kloridban (PVC) található lágyítószer reakcióba léphetnek egymással, foltok képződését idézve elő.

2.3.3.4.4 Speciális szellőztető és légszűrő rendszerrel felszerelt raktárhelyiségek

A speciális szellőztető és légszűrő rendszerrel felszerelt raktárhelyiségek megfelelő körülményeket biztosítanak minden műanyag számára. A hatékony szellőztetés következtében a műanyagok gázkibocsátásból származó káros illékony anyagok szintje a megengedett határértékek alatti tartományban marad. Néhány intézményben az összes műanyagot egy helyen, nyitott tárolókban helyezik el, kiküszöbölve a gázok felgyülemelését. Viszont a kezeletlen levegőnek való állandó kitettség is káros: a por és más szennyezőanyagok lerakódása veszélyezteti a tárgyak állapotát, különösen akkor, ha repedezettek vagy felületük ragacsos. A műanyagok megőrzése érdekében a kijelölt raktárhelyiségnek nemcsak megfelelő szellőztetéssel kell rendelkeznie, a levegőnek megfelelő tisztaságúnak kell maradnia: ezt speciális részecske- és gázsűrő rendszerek beépítésével érhetjük el. Bár régebben meglehetősen költséges megoldásként tekintettek rájuk, a molekuláris szűrők tervezését és a kereskedelmi forgalomban kapható szűrőrendszerekben lévő szorbensek méretének és eloszlásának módosítását érintő fejlesztéseknek köszönhetően a szűrőrendszerek általában véve hatékonyabbak és

megfizethetőbbek lettek. A szellőztetésről és a légszűrő rendszerekről bővebb információkért lásd: Műtárgykárosító tényezők: Szennyező anyagok.

Egy speciális raktárhelyiség kialakítása jelenti a legköltségesebb megoldást, de kevés folyamatos karbantartást igényel. Ez az opció megoldást jelenthet a kimagasló értékkel rendelkező gyűjtemények esetében, pl. nagy méretű műanyag szobroknál, vagy akkor, ha a gyűjtemény nagy számú veszélyes műanyagot tartalmaz.

2.3.3.5 5. lépés: Tisztítás

Akár veszélyesek, akár nem, a gyűjteményekben őrzött műanyagok felületén gyakran piszkos vagy ragacsos felületi kiválások találhatók, amelyek idővel megkeményednek és elszíneződnek. Vita tárgyát képezi a felületi kiválások, vagy a szennyeződések eltávolításának szükségessége. Jelenlegi tudásunk szerint a tárgyat csak indokolt esetben szükséges felületileg tisztítani: ha ki lesz állítva és nem helyettesíthetjük másik tárggyal, illetve nincs róla másolat.

A műanyagok tisztítását érintő kutatások – amelyek vonatkoznak mind a mechanikus száraztisztításra törlőkendők, szivacsok, ecsetek, fültisztító pálcikák használatával, mind a mechanikus nedvestisztításra (amelyhez ugyanezeket az eszközöket használjuk benedvesítve, a vizet oldott anyagokkal, például felületaktív anyagokat és kelátképző szereket tartalmazó vizes tisztítószerrel, valamint szerves oldószerekkel kombinálva) – eredményei Balcar és tsai. 2012-es művében kerülnek bemutatásra. Részletes tájékoztatást kaphatunk a tisztítás során használt anyagok és tisztítószeres műanyagokra gyakorolt hatásáról [cellulóz-acetát (CA), nagy sűrűségű polietilén (HDPE), nagy ütésállóságú polisztirol (HIPS), polimetil-metakrilát (PMMA), plaszticizált polivinil-klorid (PVC)].

A leginkább megfigyelt és értékelésre kerülő, tisztítás utáni jellemzők a karcolódás, a tisztaság és a fényesség elvesztésének mértéke.

A legfontosabb szempontok:

1. Ugyanazon anyagok használata mellett a száraztisztítás során tízszer több karcolódás képződik, mint a nedvestisztítás során, tisztítószeres hozzáadásával (abban az esetben, ha maguk a tisztítószeres nem okoznak károsodást). Ez egyrészt a tisztítószeres síkosító hatásának tulajdonítható, másrészt a tisztító- és oldószerek magukat a tisztításra használt anyagokat is megpuhítják.
2. A fültisztító pálcikák és a mikroszálas törlőkendők (poliészter + nejlon) sokkal optimálisabban alkalmazhatóak vizes tisztításhoz és szerves oldószerekhez, mint az ecsetek és szivacsok.
3. A magas polaritású oldószerek (pl. az acetón) károsító hatásúak, használatuk nem megengedett a műanyagok tisztítására.
4. A legkevésbé káros, de még megfelelő hatékonysággal bíró alacsony polaritású, szerves tisztítószeres a lakkbenzin, az etanol, az izopropanol és a xilol.

5. A felületaktív anyagok és kelátképző szerek vizes oldata hatékonyabb az olajos szennyeződések eltávolításában, míg a szerves oldószerek a viaszossá váló szennyeződések esetében hatékonyabbak, mint a felületaktív anyagok és kelátképző szerek.

A száraz tisztítás legmegfelelőbb módja az óvatos ecsetelés és porszívózás (esetleg a kettő kombinációja). A cobolyszőr ecset, a fültisztító pálcikák, a tiszta cellulózból készült lencsetörő kendők vagy impregnálatlan mikroszálas törőlkendők használatával hatékonyan eltávolíthatók a szennyeződések és felületi kiválások is. A speciálisan az olaj felszívására kialakított mikroszálas törőlkendők kiválóan alkalmasak a szappanmaradványok és olajos lágyítószeres eltávolítására. Ne használjuk ugyanazt a törőlt több tárgy tisztítására, elkerülendő a keresztszennyezés, az esetlegesen összeférhetetlen anyagok tárgyról-tárgyra történő átvitele. A használt lencsetörő kendőket és fültisztító pálcikákat dobjuk ki, a mikroszálas törőlkendőket pedig alaposan mossuk ki használat után. Ha az egyszerű tisztítási technikák nem bizonyulnak hatásosnak, a gyűjtemény felügyelő személyzetnek minden esetben restaurátorhoz kell fordulnia a további lépések meghatározása érdekében.

Általánosságban elmondható, hogy a tisztítás fázisainak sorrendje a következő:

1. A tárgyakon megülő port puha ecset és múzeumi porszívó egyidejű használatával távolítsuk el.
2. Az egyéb szennyeződések (lehetőleg mikroszálas) törőlkendővel vagy fültisztító pálcikával távolítsuk el. A karcolódások elkerülése érdekében próbáljunk meg óvatosan dolgozni.
3. Törőljük át a tárgyat desztillált vízzel átnedvesített törőlkendővel vagy fültisztító pálcikával.
4. Törőljük át a tárgyat vizes felületaktív anyaggal vagy kelátképzőt tartalmazó oldattal átnedvesített törőlkendővel; vagy fültisztító pálcikával.
5. Törőljük át a tárgyat etanollal, izopropanollal vagy lakkbenzinnel átnedvesített törőlkendővel, vagy fültisztító pálcikával.

Tesztelt és javasolt tisztítószerek:

- 1%-os nemionos mosószer (pl. Dehypon LS45; Judith Hofenk de Graaff mosószer-koncentrátum: 50 g nátrium-dodecylbenzolszulfonát, 50 g triammónium-citrát, 5 g karboxi-metil-cellulóz 1000 ml desztillált vízben)
- 1%-os anionos mosószer (pl. Orvus WA Paste)
- 2,5%-os triammónium-citrát

Soha ne használjunk olajat, fehérítőt, viaszt vagy vinyl- és gumiradírt; ezek az anyagok már nem ajánlottak, mert felgyorsíthatják a degradációs folyamatokat.

2.3.3.5.1 Károsodás veszélye a tisztítás során

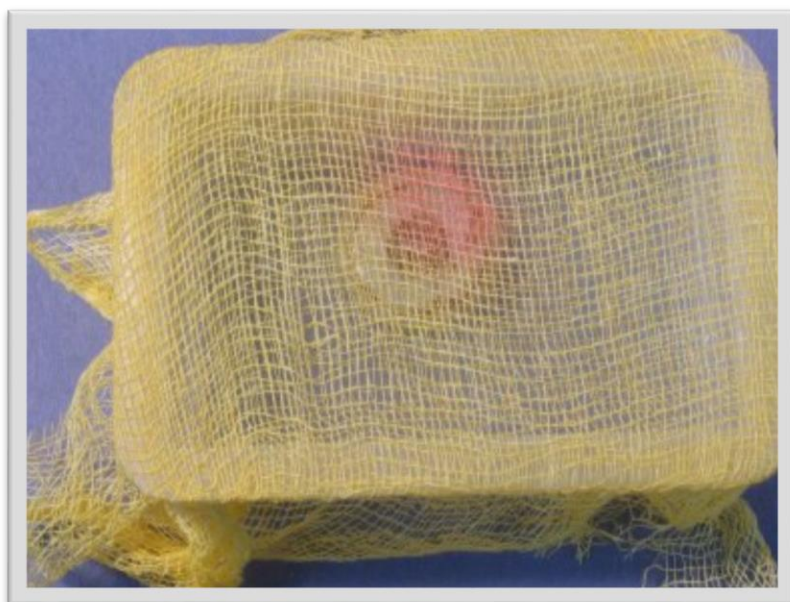
A már degradálódott állapotú műanyagok sokkal érzékenyebbek a külső mechanikai behatásokkal, illetve a vizes oldatokkal és szerves oldószerekkel szemben, ezért esetükben fokozottabb figyelem szükséges a lehetséges sérülések elkerüléséhez. A felületek durvábbá és törékenyebbé válnak, így érzékenyebbekké is a tisztításra használt anyagokkal szemben. Mivel a mechanikus és szerkezeti tulajdonságok megváltoznak a degradáció során, a műanyagok nem várt módon reagálhatnak, pl. fokozottabb hajlandóságot mutathatnak a feszültségrepedezés (ESC) kialakulására. A nedvestisztítás alkalmazása során víz és oldószerek szívódhatnak be a műanyagba, ezáltal méretbeli változást és feszültségrepedezést idézve elő. Ez súlyosbodhat, ha a műanyag a degradáció következtében már veszített szilárdságából. Tovább romolhat a helyzet, ha a műanyag olyan, régebben gyakran használt, nagy vízfelszívó képességű töltőanyagokat tartalmaz, mint pl. a faliszt; amely sokkal jobban megduzzad, mint a műanyag. A degradáció következtében kialakuló mikrorepedéseken további töltőanyag kerülhet érintkezésbe a nedvességgel.

A tisztítószereket alaposan le kell öblíteni a tárgyról. A felületaktív anyagok és kelátképző szerek maradványai higroszkóposak és növelhetik a tárgy felületén levő nedvességmennyiséget. Ha a relatív páratartalom lecsökken, kiszáradhatnak és felületi lerakódásokká válhatnak.

A szerves oldószerek sokkal nagyobb valószínűséggel károsíthatják meg műanyagokat, mint a vizes oldatok. Ez az oka annak, hogy a vizes tisztítás az első helyen szerepel a tisztítás során.

2.4 A krezolvörös és módosított brómkrezolzöld indikátorok használata és összetétele

Az indikátorokat a lehető legközelebb kell elhelyezni a tárgy felületéhez, de anélkül, hogy érintkeznének. A nagyobb méretű tárgyak vagy teljes fiókok monitorozásához sok kis méretű indikátor helyett célszerűbb zsinórt vagy hálós szövetet használni (9a és 9b kép).



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 120210-0089 CCI 120210-0086

9a és 9b kép. Egyszerű módszer a cellulóz-nitrát (CN) megfigyelésére a krezolvörösre festett muszlin használata. A kibocsátások vörös elszíneződésként mutatkoznak meg a muszlinon, ami azt jelzi, hogy a tárgyon lévő műanyag gomb egyértelműen károsítóvá vált, és veszélyt

jelent a tárolás során, hacsak a helyiség nincs jól szellőztetve. A muszlin nyitott szövése lehetővé teszi, hogy a tárgy látható maradjon, és a káros gázok távozhassanak (ezáltal csökken a gáz felhalmozódásának és a gomb további károsodásának esélye).

2.4.1 Krezolvörös (a cellulóz-nitrát monitorozásához)

A krezolvöröst csak a cellulózt tartalmazó anyagokon alkalmazhatjuk, pl.: itatósapír, pamuttszínór, muszlin, pamutháló. Habár más anyagokat is elszínez, indikátorként nem használható, mivel reakcióba léphet a szintetikus anyagokban található adalékanyagokkal.

Oldjunk fel 0,4 g krezolvörös port 100 ml vízben (0,40%) vagy 0,005 g krezolvöröst 100 ml etanolban (0,005 %). Az oldat vörös színű, de a cellulóz azonnal sárgává válik, ha belemártjuk. A felesleges folyadékot távolítsuk el: csöpögtessük le a papírról vagy csavarjuk ki a pamutot. Az egyenletes száradás érdekében mozgassuk száradás közben, hogy elkerüljük a nagy krezolvöröskoncentrációjú foltok kialakulását. Az anyag száradás közben foltossá válik, hacsak nem professzionális fóliaszárítóval végezzük ezt a műveletet. A foltosodás nem befolyásolja az indikátor pontosságát. Ha száradás után újra bemártjuk az anyagot egy sokkal erősebb színt kaphatunk, de ez nem feltétlenül szükséges.

Az esetek többségében legalább 48 órára van szükség ahhoz, hogy egy kezdeti degradáció jeleit mutató cellulóz-nitrát (CN) tárgy hatása kimutatható legyen az indikátoron. A gyors kipárolgások hamar észlelhetőek, néha egy órán belül. Címkezzük fel és jelöljük meg a tárolóban maradt indikátorokat, hogy még véletlenül se kerülhessenek a szeméttbe. Értesítsük az összes munkatársat a színváltozás jelentőségéről – és a bejelentés kötelező jellegéről. Ilyen módon a káros bomlástermékeket kibocsátó cellulóz-nitrát (CN) tárgyat feltehetően jóval a féléves rutinellenőrzés előtt észlelhetjük.

2.4.2 Brómkrezolzöld (a cellulóz-acetát monitorozásához)

Ezt az eljárást az Image Permanence Institute-ban (Rochesteri Műszaki Egyetem) tökéletesítették, ahol brómkrezolzölddel impregnált kék lakmuspapír csíkok (A-D csíkok) kaphatóak.

A brómkrezolzöld reagens elkészítéséhez először készítsünk nátrium-hidroxid vizes oldatot, 4 g nátrium-hidroxidot feloldva 1000 ml vízben. Az így kapott oldatból vegyünk ki 160 ml-t, amihez aztán adjunk hozzá 4,0 g brómkrezol zöldet.

A brómkrezolzöld fényérzékeny, tehát a vizsgálatot sötétben kell elvégeznünk. Abban az esetben, ha nem műtárgyakat vizsgálunk – pl. egy Plexiglas kiállítási vitrint, melyről feltételezzük, hogy egészségre káros gázokkal érintkezett - az indikátor papírt ráhelyezhetjük magára a tárgyra, majd helyezzünk rá egy darab Mylar fóliát, így 24 órán belül eredményeket kaphatunk.

3. Megelőző műtárgyvédelmi módszerek alkalmazása

3.1 A veszélyes műanyagok elkülönítése a gyűjteményben található többi tárgytól

3.1.1 A cellulóz-nitrát (CN) tárgyak fém alkotóelemeinek korróziója

Problémafelvetés:

Egy tárolófiókban néhány tárgy fém alkotóeleme, többek között egy gomboló horog fém hegye, korrodálódott (10. kép). Az ellenőrzés során kiderült, hogy a fiókban található tárgyak többsége cellulóz-nitrát (CN). A fémek és fém alkotóelemek a cellulóz-nitrát (CN) degradációja során felszabaduló oxidáló és savas gázok hatására kezdtek el korrodálódni (11. kép).



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 120210-0021

10. kép. Egy cellulóz-nitrát (CN) tárgyakat tartalmazó fiókban maró hatású (korrozív) nitrogén-oxidok gyűlhetnek fel levegőcsere hiányában.



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 120210-0019

11. kép. A cellulóz-nitrát (CN) degradációja során felszabaduló maró hatású (korrozív) gázok teljesen korrodálták egy gomboló horog fém részét, amelyből csak pormaradvány maradt.

Megoldás:

Azonosítsuk be a cellulóz-nitrát (CN) tárgyakat és helyezzük őket egy külön tárolóba. A tároló legyen jól szellőző, illetve annyira száraz és hűvös, amennyire csak lehetséges. Alacsony relatív páratartalom mellett a hidrolitikus reakciók késleltethetőek, de alacsony hőmérsékleten minden reakció lelassul. Ezek a körülmények elősegítik a cellulóz-nitrát (CN) tárgyak állagmegőrzését. Az alacsony relatív páratartalom csökkenti a fémek savas és oxidáló gázok jelenlétében meginduló korróziójának mértékét is. A megfelelő szellőzés során távoznak a savas és oxidáló gázok, ennek eredményeképpen csökken a koncentrációjuk és lelassul a műanyagok degradációja és a fémek korróziója.

3.2 A műanyagok veszélyes alkotóelemeinek elkülönítése a tárgy többi részétől

3.2.1 Adalékanyagok felületi kiválása és lerakódása a műanyag felületére

Problémafelvetés:

A műanyagokban található adalékanyagok gyakran a műanyag külseje felé vándorolnak, majd lerakódnak a felszínen (12. kép). Ez a probléma leggyakrabban azon a műanyagok esetében merül fel, amelyeket tárolóládákban vagy alig/egyáltalán nem szellőző fiókokban, szekrényekben vagy dobozokban tárolnak.



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 120210-0045

12. kép. A műanyagokban található adalékanyagok gyakran kiválnak, és annak külseje felé vándorolnak, majd lerakódnak a felszínen. A képen látható, polivinil-kloridból (PVC) készült babán fém-karboxilát lerakódások láthatóak.

Megoldás

Ez a jelenség dilemma elé állít bennünket. A felületi lerakódás a koncentrációs (diffúziós) grádiens miatt jön létre: az adalékanyag koncentrációja magasabb a műanyagban, mint annak felszínén, tehát egyfajta migráció következik be az egyensúly megteremtésének érdekében. A lerakódás letörölhető egy száraz törlővel, annak eltávolítása azonban csak ideiglenes megoldás. A lerakódás újraképződhet, hiszen a koncentrációs különbség még mindig fennáll. A szerves oldószerek és felületaktív oldatok használata nem megengedett, mert ezek az anyagok áthatolhatnak a műanyag felületén, további károsodásokat idézve elő.

A babán található lerakódás egy további problémát is felvet. A lerakódás reakcióba léphet a ruhával, szöveteinek ellágyulását és foltosodását idézve elő. A lerakódás nemcsak a látható, hanem a ruha alatti részen is jelentkeznek. A textil további károsodását megelőzendő, a babát és ruhát ajánlott külön tárolni.

3.3 A veszélyes műanyagok helyettesítése inert műanyagokkal

3.3.1 A cellulóz-nitrát (CN) bomlástermékei károsítják a szomszédos anyagokat

Problémafelvetés:

Egy gallér szövetét megtámadták és károsították cellulóz-nitrát (CN) alapanyagú merevítőkből felszabaduló savas és oxidáló illékony bomlástermékek (13. és 14. kép)



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 120210-0101

13. kép. A képen látható ruha gallérjának anyagát megtámadta és tönkre tette a cellulóz-nitrát (CN) alapanyagú merevítő savas és oxidáló hatású kipárolgása (kezelés előtti állapot).



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 120210-0102

14. kép. A cellulóz-nitrát (CN) merevítőket polietilén-tereftalát (PET) fóliából készült merevítőkkal helyettesítették (kezelés utáni állapot).

Megoldás:

A degradálódott cellulóz-nitrát (CN) gallérmerevítőt eltávolították és egy külön, cellulóz-nitrát (CN) tárgyak tárolására alkalmas tárolóban került elhelyezésre. A merevítőről inert polietilén-tereftalát (PET) alapanyagú másolat készült, amellyel helyettesítették az eredeti alkotóelemet.

3.4 Megfelelő tárolás kiválasztása a kompozit anyagokban fellelhető, leginstabilabb anyagok számára

3.4.1 A cellulóz-nitrát (CN) degradációja és a bomlástermékek negatív hatásai

Problémafelvetés:

A cellulóz-nitrát (CN) egy eredendően instabil műanyag. A legkisebb stabilitással rendelkező, múzeumi gyűjteményekben megtalálható műanyag. Degradációja során savas és oxidáló hatású gázok keletkeznek, amelyek kárt tesznek a többi tárgyban is, előidézve a szerves anyagok lebomlását és fémek korrózióját.



© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet. CCI 120210-0096 / CCI 120210-0094

15a és 15b kép. A pénztárca fogantyúja a cellulóz-nitrátra (CN) jellemző degradáció nyomait mutatja. Egy sárgaréz szegecs is korrodálódott, és a gázok a szövetbélést is károsították.

Megoldás:

A cellulóz-nitrát (CN) legfőképp hidrolízis útján bomlik le, amely során a vízmolekulák beépülnek a műanyagba. Az relatív páratartalom csökkentésével lassíthatjuk a folyamatot. A savas és oxidáló lebomlási folyamatok katalizátorként hatnak a hidrolízisre. Emiatt azokban a terekben, amelyekben cellulóz-nitrát (CN) tárgyak vannak elhelyezve, szorbenseket kell elhelyeznünk vagy megfelelő szellőztetést kell biztosítanunk, így megszabadulhatunk az illékony bomlástermékektől és elejét vehetjük a degradáció felgyorsulásának. A cellulóz-nitrát (CN) tárgyak degradációs folyamatának gyorsasága minden tárgy esetében más és más. Helyezzünk ki indikátorokat (tesztcsíkokat, indikátorpapírt) a cellulóz-nitrát (CN) tárgyak környezetében és végezzünk rendszeres megfigyeléseket. Ily módon idejében észlelhetjük azokat a tárgyakat, amelyek degradáció kezdeti szakaszában vannak, felmérhetjük a degradáció mértékét és eldönthetjük, hogy a tárgy maradhat a helyén és elégségesek a megelőző intézkedések, vagy ki kell emelnünk és speciális tárolási körülményeket kell biztosítanunk számára.

2. Bibliográfia és ajánlott irodalom (angol nyelven)

4.3 Bibliográfia

- Balcar, N., G. Barabant, C. Bollard, S. Kuperholc, B. Keneghan, A. Laganà, T. van Oosten, K. Segel and Y. Shashoua. "Studies in Cleaning Plastics." In B. Lavédrine, A. Fournier and G. Martin, eds., *Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections*. [N.p.]: Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 2012, pp. 225–268.
- Barclay, R., A. Bergeron, and C. Dignard. *Mount-making for Museum Objects*, 2nd ed. Illustrated by C. Schlichting. Ottawa, ON: CCI, 1998.1
- Bigelow, S. *Cold Storage of Photographs at the City of Vancouver Archives* (PDF format). [N.p.]: Canadian Council of Archives, 2004.
- CCI. *The Beilstein Test: Screening Organic and Polymeric Materials for the Presence of Chlorine, with Examples of Products Tested*. CCI Notes 17/1. Ottawa, ON: Canadian Conservation Institute, 1993.
- Coxon, H.C. "Practical Pitfalls in the Identification of Plastics." In D.W. Grattan, ed., *Saving the Twentieth Century: The Conservation of Modern Materials: Proceedings of Symposium '91*. Ottawa, ON: Canadian Conservation Institute, 1993, pp. 395–406.
- Daniels, V., and S. Ward. "A Rapid Test for the Detection of Substances Which Will Tarnish Silver." *Studies in Conservation* 27 (1982), pp. 58–60.
- DuPont Teijin Films. *Product Information: Mylar Polyester Film* (PDF format). Hopewell, VA: DuPont Teijin Films, 2003.
- Michalski, S. *Guidelines for Humidity and Temperature in Canadian Archives*. Technical Bulletin 23. Ottawa, ON: Canadian Conservation Institute, 2000.
- Padfield, T. "Condensation in Film Containers During Cooling and Warming." (PDF format) In *Postprints of Preserve, Then Show*. Copenhagen, Denmark: The Danish Film Institute, 2002.
- Reilly, J. *Instructions for Using the Wheel, Graphs, and Table: Basic Strategy for Film Preservation*. IPI Storage Guide for Acetate Film. New York, NY: Image Permanence Institute, 1993.
- Rémillard, F. *Identification of Plastics and Elastomers – Miniaturized Tests* (PDF format). Québec, QC: Centre du Conservation du Québec. 2007.
- Roff, W.J., J.R. Scott and J. Pacitti. *Handbook of Common Polymers*. Cleveland, OH: CRC Press, 1971, p. 452.
- Shashoua, Y.R. "Modern Plastics: Do They Suffer From Cold?" In A. Roy and P. Smith, eds., *Modern Art, New Museums: International Institute for Conservation (IIC), Contributions to the Bilbao Congress, 13-17 September 2004*. London, UK: IIC, 2004, pp. 91–95.
- Vitale, T. *History, Science, Preservation and Treatment of Cellulose Nitrate Still Film* (PDF format). Emeryville, CA: Digital Imaging & Facsimiles Preservation Associates, 2009.

- Williams, R.S. *The Diphenylamine Spot Test for Cellulose Nitrate in Museum Objects*. CCI Note 17/2, rev. ed. Ottawa, ON: Canadian Conservation Institute, 1994.
- Williams, R.S., A.T. Brooks, S.L. Williams and R.L. Hinrichs. "Guide to the Identification of Common Clear Plastic Films." (PDF format) *Society of the Preservation of Natural History Collections Leaflets* 3 (Fall 1998).

4.4 Ajánlott irodalom

- Albus, S., C. Bonten, K. Keßler, G. Rossi and T. Wessel. *Plastic Art – A Precarious Success Story*. Cologne, Germany: AXA Art Versicherung AG, 2006.
- Grattan, D. W., ed. *Saving the Twentieth Century: The Conservation of Modern Materials: Proceedings of Symposium '91*. Ottawa, ON: Canadian Conservation Institute, 1993.
- Heuman, J., ed. *From Marble to Chocolate: The Conservation of Modern Sculpture. Postprints of Tate Gallery Conference, September 18–20, 1995*. London, UK: Archetype Books, 1995.
- Horie, V. *Materials for Conservation: Organic Consolidants, Adhesives and Coatings*. 2nd ed. Amsterdam, Netherlands: Butterworth-Heinemann, 2010.
- Lavédrine, B., A. Fournier and G. Martin, eds. *Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections*. Paris, France: Comité des travaux historiques et scientifiques, 2012.
- Loadman, J. *Everything You Ever Wanted to Know about Rubber*, n.d.
- Plastics Historical Society. *Plastics Historical Society Website*, 2011.
- Quye, A., and C. Williamson, eds. *Plastics—Collecting and Conserving*. Edinburgh, UK: NMS Publishing Ltd, 1999.
- Shashoua, Y. *Conservation of Plastics: Materials Science, Degradation and Preservation*. Oxford, UK: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2008.
- Shashoua, Y. *Inhibiting the Deterioration of Plasticized Poly(vinyl chloride)—A Museum Perspective* (PDF format). PhD thesis. Technical University of Denmark, 2001.
- Tétreault, J. *Airborne Pollutants in Museums, Galleries, and Archives: Risk Assessment, Control Strategies, and Preservation Management*. Ottawa, ON: Canadian Conservation Institute, 2003.
- van Oosten, T. *PUR Facts: Conservation of Polyurethane Foam in Art and Design*. Amsterdam, Netherlands: Amsterdam University Press, 2011.
- van Oosten, T., Y. Shashoua and F. Waentig, eds. *Plastics in Art: History, Technology, Preservation*. Munich, Germany: Siegl, 2002.

- Waentig, F. *Plastics in Art: A Study from the Conservation Point of View*. Translated by Michael Scuffil. Petersberg, Germany: Michael Imhof Verlag, 2008.
- Williams, R.S. *Display and Storage of Museum Objects Containing Cellulose Nitrate*. CCI Notes 15/3. Ottawa, ON: Canadian Conservation Institute, 1994.
- Williams, R.S. "Care of Plastics: Malignant Plastics." *WAAC Newsletter* 24,1 (January 2002), pp. 10–15.
- Wright, M.M., and J.H. Townsend, eds. *Resins—Ancient and Modern: Preprints of the Scottish Society for Conservation and Restoration (SSCR) 2nd Resins Conference, Aberdeen, September 13–14, 1995*. Edinburgh, UK: SSCR, 1995.

© Kanada Kormánya, Kanadai Restaurálási Intézet, 2018

Publikálta: Kanadai Restaurálási Intézet, Kanadai Örökségvédelmi Osztály, 1030 Innes Road, Ottawa, ON K1B 4S7, Kanada

Katalógusszám:

CH57-4/6-13

-2018E-PDF

ISBN 978-0-660-28019 -6

A dokumentum angol és francia nyelven is elérhető.

A magyar nyelvű fordítás a Múzeumi Állományvédelmi Program keretein belül, a Néprajzi Múzeum támogatásával valósult meg, 2025-ben.

A dokumentum kizárólag oktatási, tudományos, illetve tudományos ismeretterjesztési célra használható fel.

Magyar nyelvű fordítás: Egyed Péter

Szakmai, stilisztikai lektorálás: Dicső Ágnes, Herédi István

CANADIAN
CONSERVATION
INSTITUTE



INSTITUT
CANADIEN DE
CONSERVATION



Néprajzi Múzeum
Museum of Ethnography



MÚZEUMI
ÁLLOMÁNYVÉDELMI
PROGRAM