XVI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2011. március 24–25.

AZ IPARI MELLÉKTERMÉKEK GYŰJTÉSI RENDSZERÉNEK OPTIMÁLIS KIALAKÍTÁSA

SKAPINYECH Róbert, dr. ILLÉS Béla

Abstract

Nowadays the proper handling of industrial byproducts represents an increasingly significant problem. One of the aspects of this question is the recycling of the nascent waste products that arise during the industrial processes. The paper presents the development aspects of such collection systems that could form the basis of the recycling process.

Keywords:

industrial byproducts, reverse logistics, optimization

Összefoglalás

Napjainkban egyre jelentősebb problémát jelent az iparban keletkező melléktermékek megfelelő kezelése. Ennek a problémakörnek az egyik vetületét a gyártási folyamatok során keletkező hulladékok (szakszerűbben másodlagos nyersanyagok) újrahasznosítása képezi. A cikk során egy olyan gyűjtő rendszer kialakítási szempontjai kerülnek bemutatásra, amely hatékony megoldást kínál a fentebb vázolt problémakörre.

Kulcsszavak:

ipari melléktermékek, reverz logisztika, optimalizálás

1. A feladat lehatárolása

A legtöbb gyártási folyamat során keletkeznek olyan melléktermékek, amelyeket a gyártó már nem képes hasznosítani a gyártás további szakaszaiban, így ezek számára a továbbiakban hulladéknak minősülnek. Az általános gépgyártásban jó például szolgálhatnak erre a CNC gépeknél alkalmazott különböző hűtőfolyadékok és kenőanyagok. A megmunkálás folyamata során ezek emulziót képezhetnek egymással, mely összekeveredik a munkadarabról leválasztott fémforgáccsal is. Ez a keverék (elsősorban olaj tartalma miatt) már veszélyes hulladéknak minősül, amelyet az újrafelhasználás, illetve semlegesítés előtt összetevőire kell bontani. Ma már gyakori, hogy ezt a műveletet részben már a helyszínen elvégzik, mivel így helyben újrahasznosíthatóvá válik a hűtőfolyadék, ami jelentős megtakarítást jelent a termelő vállalat számára. Ugyanakkor a kenőanyaggal szennyezett fémforgács további kezelést igényel, amellyel a helyszínen már nem foglalkoznak, tehát ez a feladat külső szereplők bevonását igényli.

Az előző példa is jól mutatja, hogy a gépgyártás, de bármely egyéb gyártási tevékenység esetén is számolni kell az elszórtan és nagy mennyiségben jelentkező, különböző tulajdonságokkal rendelkező ipa-

ri melléktermékek kezelésének problémájával. A probléma megoldása jelentős részben egy olyan gyűjtő rendszeren alapul, amely hatékonyan, gazdaságosan és kellő biztonsággal képes elvégezni a helyi szinten már nem hasznosítható melléktermékek gyűjtését és a megfelelő hulladéknyelőbe történő eljuttatását.

2. A feladatok elvégzésére szolgáló rendszer modelljének magalkotása

Az 1. pontban lehatárolt feladat vizsgálatára egy logisztikai modell megadása szükséges. A modellben előforduló három fő statikus elem:

- S_i : az i . hulladékforrás, ahol i a hulladékforrás futóindexe ($i = 1, 2, \dots, n$);
- R_j : a j . hulladéknyelő, ahol j a hulladéknyelő futóindexe ($j = 1, 2, \dots, m$);
- B_k : a gyűjtésbe bevont gyűjtő-és szállítóeszközök k . telephelye, ahol k a telephely futóindexe ($k = 1, 2, \dots, p$).

Az ezek között megvalósuló lehetséges járatípusok a következők:

- gyűjtő járat, amelynek során a telephelyről induló (üres) jármű általában több forrást is érint és az ezeken begyűjtött hulladékokat a telephelyre viszi vissza átmeneti tárolás céljából;
- ingajárat egy telephely és egy hulladéknyelő között;
- közvetlen járat (egy vagy több forrás érintésével).

A járatokhoz kötődően érdemes bevezetni egy folytonosan ismétlődő járattervet is, amelyet a járművek a rendszer minden egyes munkaciklusában megismételnek. Ehhez meg kell állapodni egy ciklusi időben is, amely a járattervezés alapját képezi (ez jellemzően lehet egy hét). Ezen munkaciklus egy tetszőleges napját jelöljük d -vel, az összes napok számát pedig f -el ($d=1, 2, \dots, f$).

A modell építőelemeit jellemző alapvető paraméterek rendszerelemenként a következők:

- A hálózat struktúrája (N):
 - $P = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_n, r_1, r_2, \dots, r_j, \dots, r_m, b_1, b_2, \dots, b_k, \dots, b_p, x_1, x_2, \dots, x_t\} =$
 $= \{p_1, p_2, \dots, p_z\}$:
 a hálózat pontjainak halmaza, amelyben s_i a források, r_j a nyelők, b_k a telephelyek, x pedig az egyszerű csomópontok hálózatban elfoglalt helyét jelöli;
 - $E = \{e_1, e_2, \dots, e_h\}$: a hálózat pontjai között meglévő „élek” (útszakaszok) halmaza;
 - $N = (P, E)$: a hálózat pontjaiból és éleiből képezhető gráf;
 - $s(e)$: a hálózat éleinek hosszát megadó függvény, ahol $e \in E$;
 - $v(e)$: a hálózat élein (útszakaszain) elérhető átlagsebességet megadó függvény ($e \in E$);
 - $t(p)$: a hálózat p pontjában jelentkező várakozási idő.
- Hulladékforrások (S_i):
 - S_i : az i -edik hulladékforrás hálózatban elfoglalt helyzetét megadó paraméter;

- W_{ig}^s : az i-edik hulladékforrásnál jelentkező g-edik hulladéktípusból a ciklusidő alatt keletkező mennyiség (kg);
- T_i^s : a hulladékok elszállításának szükséges gyakorisága;
- t_i^s : az i-edik hulladékforrásnál fellépő átlagos várakozási idő, azaz a rakodáshoz szükséges idő ($t(s_i) = t_i^s$).
- Hulladéknyelők (R_j):
 - r_j : a j-edik hulladéknyelő hálózatban elfoglalt helyzetét megadó paraméter;
 - $W_j(g)$: a j-edik hulladéknyelőnél a g-edik hulladéktípus feldolgozhatóságát eldöntő logikai függvény;
 - t_j^r : a j-edik hulladéknyelőnél fellépő átlagos várakozási idő, azaz a kirakodáshoz szükséges idő ($t(r_j) = t_j^r$).
- Telephelyek (B_k):
 - b_k : a k-adik telephely hálózatban elfoglalt helyzetét megadó paraméter;
 - W_{kg}^b : a k-adik telephely átmeneti hulladéktároló kapacitása az egyes g hulladéktípusok szerint (kg).
- Szállítóeszközök (V_l):
 - $l = 1, 2, \dots, r$: járműazonosító index;
 - b_l : az l-edik jármű telephelyének hálózati azonosítója (minden esetben valamely b_k -val egyenlő);
 - $W_l(g)$: az l-edik szállítóeszköz g-edik típusú hulladék szállítására való alkalmasságát eldöntő logikai függvény;
 - W_{lmax}^v : az l-edik jármű maximális szállító kapacitása (kg);
 - $w_l(d, p, g)$: az l-edik jármű munkatervét leíró függvény;
 - F_{ld} : az l-edik jármű d-edik napra tervezett útvonala.
- Hulladékok (g):
 - $g = 1, 2, \dots, u$: hulladéktípus azonosító kód.

3. A modell vizsgálatára alkalmas célfüggvény meghatározása

A gyűjtési feladat megoldásánál a legfontosabb cél az, hogy a szállító járművek által végzett anyagmozgatási munka legyen minimális. Ez matematikailag a következő célfüggvénnyel írható le:

$$\sum_{l=1}^r \sum_{d=1}^f \sum_{e \in F_{ld}} s(e) \rightarrow \min ! \quad (1)$$

amely a rendszerben lévő járművek által az egy munkaciklus alatt megtett összes utat minimalizálja. A fenti célfüggvénynél a következő peremfeltételeket kell figyelembe venni:

- A meghatározott gyűjtési periódus (munkaciklus) alatt minden jelentkező gyűjtési igényt meg kell oldani:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^u w_{ig}^s = \sum_{l=1}^r \sum_{d=1}^f \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^u w_l(d, s_i, g). \quad (2)$$

- A meghatározott gyűjtési periódus (munkaciklus) alatt összegyűjtött hulladékot maradéktalanul el kell juttatni a végső hulladéknyelőkhöz:

$$\sum_{l=1}^r \sum_{d=1}^f \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^u w_l(d, s_i, g) = - \sum_{l=1}^r \sum_{d=1}^f \sum_{j=1}^m \sum_{g=1}^u w_l(d, r_j, g). \quad (3)$$

- A járatok megvalósulási ideje egy megadott határérték ($T_{\max}$) alatti legyen:

$$\sum_{e \in F_{ld}} \frac{s(e)}{v(e)} + \sum_{p \in F_{ld}} t(p) \leq T_{\max} \quad \forall F_{ld}. \quad (4)$$

4. Összefoglalás

A fentiekben egy olyan gyűjtő rendszer általános modellje került bemutatásra, amely alapként szolgálhat a gyártási folyamatok során keletkező hulladékok újrahasznosításához. A cikk első részében továbbá bemutatásra került egy konkrét probléma is az általános gépgyártás világából, amely esetében előnyös lenne a fenti modell szerint működő gyűjtő rendszer alkalmazása. A jövőbeni kutatás fő feladata a modell további finomítása lehet, majd egzakt megoldási algoritmusok keresése az utolsó fejezetben ismertetett célfüggvényekhez.

Irodalom

- [1] Cselényi, J., Illés, B.: *Logisztikai rendszerek I*, Miskolci Egyetemi Könyvkiadó, Miskolc 2004.
- [2] dr. Illés Béla, dr. ing. Elke Glistau, dr. ing. Norge I. Coello Machado: *Logisztika és Minőségmenedzsment*, Miskolc 2007, Kiadvány: ISBN 978-963-87738-0-7, 1-206. old.

Skapinyecz Róbert, doktorandusz

Munkahely: Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék
Cím: 3519, Magyarország, Miskolc, Bencések u. 67
Telefon / Fax: +36-20-229-56-57
E-mail: skaprob@gmail.com