

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ІНФОРМАЦІЯ

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТНОГО РОЗРАХУНКУ ФОРМУВАЛЬНО-ЗАЛИВО-ВИБИВАЛЬНИХ ВІДДІЛЕНЬ ЛИВАРНИХ ЦЕХІВ

Загальні положення

Формувально-залливо-вибивальне відділення є ядром цеху з виготовлення виливків методами лиття в разові піщано-глинисті форми. Проектування всіх інших відділень цехів масового та крупносерійного виробництва здійснюється таким чином, щоб забезпечити можливість роботи формувальних ліній та конвеєрів в автоматичному режимі без вимушених простоїв [1–4]. В цьому відділенні виконують технологічно та організаційно пов'язані між собою операції формовки, збирання та заливання форм, охолодження та вибивання відливків.

Проектний розрахунок формувальньо-залливо-вибивальних відділень здійснюється у наступній послідовності. Розбивка заданої номенклатури виливків на групи за масою, вибір для кожної групи виливків економічно вигідного способу виготовлення форм і стержнів, обґрунтований підбір технологічного устаткування для виконання процесів виготовлення форм і стержнів, розрахунок необхідної кількості підбраного устаткування і планування відділень.

Виготовлення виливків у ливарних цехах масового і крупносерійного виробництва варто передбачати в сирих формах методом комбінованого ущільнення з використанням єдиних бентонітних сумішей на автоматичній і комплексно-механізованій формувальній лінії [1–4].

У ливарних цехах серійного й одиничного виробництва виготовлення дрібних виливків варто проектувати також у сирих формах з використанням єдиних бентонітних сумішей на формувальних автоматах з комбінованим ущільненням.

Для виготовлення форм виливків підвищеної точності, масою понад 100 кг в умовах дрібносерійного й одиничного виробництва доцільно передбачати з холоднотверднучих сумішей (ХТС).

Потокове виготовлення середніх і великих виливків для середньосерійного й дрібносерійного виробництва найраціональніше у формах з використанням пластичних самотверднучих сумішей (ПСС), швидкосохнучих піщано-глинистих сумішей (ПГС) з органічними закріплювачами, CO₂- процесу та ін. на струшуючих машинах з підпресовкою чи піскометами. Для виготовлення великих і важких виливків можуть застосовуватися також рідкі самотверднучі суміші (РСС).

Після вибору й обґрунтування способу виготовлення форм для кожної групи виливків визначеної маси підбирають оптимальний розмір опок і роблять розкладку моделей на відповідній модальній плиті таким чином, щоб коефіцієнт металосності форми прагнув до максимуму.

Визначивши розміри опок підбирають тип і моделі формувального агрегату й розраховують необхідну кількість останніх для виконання річної програми відділення.

Розрахунки основного технологічного обладнання

Для підрахунку необхідної кількості автоматичного устаткування пр, од, користуються такою формулою:

$$n_p = \frac{N}{\Phi_e \cdot \Pi} \quad (1)$$

де N – річна кількість форм чи напівформ, од.;

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи устаткування, г;

Π – циклова або тактова (паспортна) продуктивність напівформ/г або форм/г.

При розрахунку кількості неавтоматичного устаткування можна також користуватися формулою (4), але тоді величина Π – це розрахункова годинна продуктивність устаткування, яка залежить від характеру виробництва й приведена в [5] на деякі види формувального устаткування. Розрахункова годинна продуктивність відрізняється від паспортної тим, що вона враховує витрати часу на виконання допоміжних операцій (зміна модельних плит і налагодження устаткування), що складає 1,0...1,5 % від Φ_e . У випадку відсутності розрахункової продуктивності формула (4) здобуває вид:

$$n_p = \frac{N}{(\Phi_e - t) \cdot \Pi}, \quad (2)$$

де t – втрати часу на зміну модельних плит і налагодження формувальних машин, г, значення якого залежить від групи машин; для масового й крупносерійного виробництва $t = 0$.

Прийняту в проекті кількість устаткування визначають за формулою (2). При виготовленні форм за допомогою пісcomетів кількість останніх n_p для формувальної ділянки:

$$n_p = \frac{V_{\phi} \cdot N}{\Phi_e \cdot \Pi \cdot \kappa_y}, \quad (3)$$

де V_{ϕ} – об'єм форми, зумовлений внутрішніми габаритами розмірів опок, м³;
 Π – продуктивність пісcomета, м³/г;
 κ_y – коефіцієнт, що враховує час установки й зняття опок.

Якщо всі технологічні операції формувально-заливо-вибивального відділення проектується здійснювати на комплексно-механізованих чи автоматичних лініях, то розрахунок кількості ліній роблять за формулою (4).

У формувальному відділенні може бути прийнятий послідовний чи паралельний режим роботи. При послідовному режимі з машинним формуванням, форми під заливання накопичуються на плацу (здійснюється розрахунок кількості робочих місць) або на рольгангах-накопичувачах, довжина яких може бути розрахована в залежності від довжини й кількості заливальних робочих місць [2–4]. При паралельному режимі зв'язок технологічних операцій відділення здійснюється конвеєрним транспортом частіше візкового, рідше підвісного чи пульсуючого типу.

При проектуванні технологічного процесу виготовлення виливків на ливарному конвеєрі вибирають тип конвеєра і після розрахунку його довжини [2–4], з огляду на розміри платформи, визначають модель. При одночасному виготовленні двох-трьох різних виливків на конвеєрі раціональне парне розташування формувальних машин у конвеєра, а при виготовленні виливків одного найменування – групове. Групове розміщення машин у конвеєра дозволяє скоротити довжину формувальної ділянки чи при рівній довжині цієї ділянки установити більшу кількість пар машин, збільшивши тим самим продуктивність машин.

Кількість однотипних конвеєрів n_k для проєктованого цеху можна розрахувати за такою формулою:

$$n_k = \frac{N}{\Pi_k}, \quad (4)$$

де N – кількість форм даного типорозміру на рік, шт.
 Π_k – пропускна здатність конвеєра;

$$\Pi_k = \frac{60 \cdot \Phi_e \cdot V_k \cdot n_v \cdot n_{\phi} \cdot \zeta}{\Sigma L_k}, \quad (5)$$

де V_k – швидкість конвеєра, м/хв;
 n_v – кількість візків (підвісок) на конвеєрі, шт.;
 n_{ϕ} – число форм, установлюваних на візку (підвіску);
 ζ – коефіцієнт заповнення візків формами ($\zeta = 0,8$);
 ΣL_k – довжина конвеєра, м.
 Коефіцієнт використання продуктивності конвеєра визначають за відношенням

$$\kappa_e = \frac{\Pi_k}{\Pi_m}, \quad (6)$$

де Π_m – річна продуктивність машин, встановлених у конвеєрі, форм на рік;

$$\Pi_m = M \cdot \Pi_1 \cdot \Phi_e, \quad (7)$$

де M – кількість пар машин;
 Π_1 – годинна продуктивність однієї пари машин, форм.

Сушіння форм

При одержанні виливків у сухих формах і тих, що поверхово підсушуються, у відділеннях формування передбачають устаткування для теплового сушіння. Підсушування великих форм здійснюють за допомогою переносних сушильних агрегатів, кількість яких установлюють із розрахунку один агрегат на 4...6 м² форми.

Для сушіння форм в умовах індивідуального й серійного виробництва застосовують камерні сушарки з викатними візками, які працюють на природному газі чи мазуті.

Необхідну кількість камерних сушарок визначають за формулою:

$$n_{кам} = \frac{V_{\phi} \cdot t_u \cdot \kappa_n}{\Phi_e \cdot V_c \cdot \zeta}, \quad (8)$$

де V_{ϕ} – об’єм форм, що мають бути підсушені протягом року, м³;
 t_y – час циклу сушіння з урахуванням часу завантаження й розвантаження сушарок, г [5];
 κ_n – коефіцієнт нерівномірності роботи сушарок;
 Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи сушарок, г;
 V_c – внутрішній обсяг камерної сушарки, м³ [6];
 ζ – коефіцієнт використання обсягу сушарок ($\zeta = 0,15 \dots 0,3$).

При виготовленні форм на потокових лініях підсушування форм здійснюють у прохідних сушарках, що працюють у робочому режимі всієї лінії.

Парк опок

Розрахунок парку опок ведеться в залежності від величини циклу їхньої оборотності. Для масового виробництва з застосуванням автоматичних ліній кількість опок розраховують за формулою:

$$N_o = (1,25 \dots 1,3) N_{\phi} \cdot t_o \quad (9)$$

де N_o – розрахунковий парк опок, шт.;
 $1,25 \dots 1,3$ – коефіцієнт, що враховує резерв і ремонтний заділ парку опок (15 % – резерв; 15 % – на ремонті);
 N_{ϕ} – кількість форм, виготовлених за годину;
 t_o – цикл обороту опок, г.

Розрахунок ведеться для верхніх і нижніх опок.

Для форм, що вмщують до 20 кг рідкого металу, цикл обороту опок складає 40...90 хвилин, для більш важких форм – 2...4 г.

Парк розливальних ковшів

У залежності від типу плавильної печі, її місткості, роду металу, маси виливків і режиму роботи цеху підбирають тип, розраховують ємність і визначають парк розливальних ковшів.

При розливанні чавуну у великі форми застосовують конічні поворотні ковші. Для транспортування рідкого чавуну на значні відстані використовують барабанні ковші місткістю до двох тонн. Для одержання чавунних виливків масою до однієї тонни рекомендується застосування чайникових ковшів.

Для розливання сталі застосовують як правило, конічні стопорні або чайникові ковші, а кольорові метали розливають за допомогою поворотних (конічних і барабанних) чи чайникових ковшів.

При масовому виготовленні дрібних і середніх виливків металу з печі зливається в роздавальний ківш, місткість якого визначається місткістю плавильної печі, а потім на стендах біля конвеєрів метал переливається в розливальні ковші. Розливальні ковші використовують також у випадку безупинної видачі металу з плавильного агрегату. Місткість таких ковшів визначається масою металу в формі.

Дані щодо вибору місткості розливальних ковшів наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Дані щодо вибору місткості розливальних ковшів, тривалості їх роботи та ремонту

Середня металеємність форми, кг	Місткість ковша, кг	Тривалість роботи до ремонту, г [7]	Час на ремонт та сушіння г [7]	Час оберту ковша, хв.
До 10	50...100	2...3	6	8...10
15...25	150...250	3...4	6...8	10...15
50...100	500	6...8	8...16	15...20
> 100	1000 та більше	8	16	20...25

Кількість ковшів, що одночасно знаходяться в роботі п можна розрахувати за формулою:

$$n = \frac{N_p \cdot \kappa_n}{\Phi_e \cdot n_{\phi} \cdot n_o} \quad (10)$$

де N_p – річна кількість форм, од.;
 κ_n – коефіцієнт нерівномірності;
 Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи формувального обладнання;
 n_{ϕ} – кількість форм, що заливаються з одного ковша;
 n_o – кількість оборотів одного ковша за годину.

Знаючи кількість ковшів, що одночасно знаходяться в роботі, з використанням даних щодо тривалості їх роботи та знаходження в ремонті [7], які наведені в таблиці 1, визначають кількість ковшів, яка постійно знаходиться в ремонті. Необхідний для забезпечення безперебійної роботи заливальної ділянки парк ковшів складається з вказаних двох кількостей. Його додатково збільшують ще на 15 % від кількості ковшів, що одночасно знаходяться в роботі для урахування необхідного заділу.

Інше обладнання та прикінцеві положення

При конвеєрному заливанні форм чи при виконанні цієї операції на лініях, виливки до вибивки з опок охолоджуються безпосередньо на зазначених агрегатах, у розрахованій довжині яких врахований час, необхідний для охолодження виливків. При великій металоемності форм, коли потрібний значний час для охолодження виливків (конвеєрне, плацеве, фасонне формування й заливання), в заливальному відділенні передбачають площі, розміри яких визначають за існуючими нормами витримки виливків у формах після заливання [5].

Вибивку виливків з опок і частково стержнів з виливків здійснюють різними вибивними установками за допомогою ексцентрикових, інерційних й інерційно-ударних ґраток [6]. Установки для вибивки великих форм становлять собою блок, що складається з чотирьох, шести або восьми ґраток, що серійно випускаються, які установлені на загальній фундаментній рамі. В автоматичній і комплексно-механізованій формувальній ліній вибивальні пристрої вбудовуються в потік і поділяються на провальні, інерційні прохідні й провальні прохідні з видавлюванням форм пуансоном.

При виготовленні й заливанні форм на плацу, при формуванні на машинах з подальшим сушінням у сушарках і заливанням на плацу корисна площа формувального відділення визначається кількістю й розмірами робочих місць для виготовлення й заливання форм.

У механізованих ливарних цехах площі формувальних відділень не розраховуються, а визначаються плануванням устаткування з урахуванням норм проектування.

Висновки

Описано особливості проектного розрахунку формувально-заливо-вибивальних відділень ливарних цехів різних типів виробництва по виготовленню виливків в разових пісчано-глинистих формах отриманих за різними технологічними процесами.

Наведено основні рекомендації з вибору технологічних процесів, що здійснюються в означеному відділенні та загальні принципи його комплектування і компонування.

Наведено оригінальну методику розрахунку парку ковшів, необхідного для забезпечення безперебійної роботи заливальної ділянки ливарного цеху.

Список літератури

1. Основы проектирования литейных цехов и заводов / Под ред. Е. В. Кнорре. – М. : Машиностроение, 1979. – 376 с.
2. Логинов Н. Э. Проектирование литейных цехов / Логинов Н. Э. – Минск : Вышэйша школа, 1965. – 319с.
3. Проектування ливарних цехів. Ч. 1 : підручник / Г. Є. Федоров, М. М. Ямшинський, В. Г. Могилатенко та ін. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. — 588 с.
4. Проектування ливарних цехів. Ч. 2 : підручник / Г. Є. Федоров, М. М. Ямшинський, В. Г. Могилатенко та ін. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. — 316 с.
5. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Литейные цехи и склады шихтовых и формовочных материалов. ОНТП 07-83. Минавтопром, 1984. – 194 с.
6. Туманський Б. Ф. Проектування ливарних цехів : навч. посібник / Б. Ф. Туманський. – К. : НМК ВО, 1992. – 192 с.
7. Пелих В. Ф. Вибір та розрахунок обладнання плавильних відділень ливарних цехів: навч. посібник / В. Ф. Пелих, О. І. Пономаренко. – К. : ІСДО, 1993. – 224 с.

Одержано 29.10.2021

© Наумик В. В.¹, Сажнев В. М.²

¹ Д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності,

² Канд. техн. наук, доцент, начальник науково-дослідної частини;

Національний університет «Запорізька політехніка» м. Запоріжжя, Україна

Naumik V., Sazhnev V. Features of the design calculation of forming-gulf-beating departments of foundry shops