

Винахід відноситься до металургії, переважно до киснево-конвертерного виробництва сталі.

Відоме конічне сопло Лавалля [1, стор. 332], яку містить конфузор і дифузор з прямолінійними створюючими. Такі сопла, завдяки простоті їх виготовлення, широко використовуються в техніці, зокрема в кисневих фурмах для продування розплаву в конвертерах.

Проте відомі сопла мають малий діапазон тиску їх ефективної роботи. Відхилення (у бік збільшення і, особливо, у бік зменшення тиску кисню перед соплами) від розрахункового режиму знижують ефективність продування розплаву через відомі сопла. Витримати ж розрахунковий режим витікання кисню в конвертері часто є неможливим внаслідок необхідності управління плавою за допомогою зміни інтенсивності кисневого продування I_{O_2} (через сопла), а також унаслідок коливання тиску кисню в цеховій магістралі. При зменшенні тиску перед відомим соплом, вже практично починаючи з розрахункового режиму витікання, має місце явище відриву кисневого потоку від стін дифузора на вихідній ділянці сопла. Це приводить до ежекції (підсмоктування) високотемпературних і хімічно агресивних середовищ (вихідних конвертерних газів, часток металу і шлаку) в зону відриву і, як наслідок, до теплової і хімічної ерозії (далі по тексті - просто ерозії) вихідних ділянок сопел. Ерозія сопел призводить до виходу їх з ладу, появи течі охолоджуючої води у фурмі, а також до деформації «геометрії» соплового блоку, порушенню режиму продування, аж до повної втрати керованості плавою. Відрив потоку також призводить до додаткових втрат потенційної енергії кисню в соплах, зменшенню кінетичної енергії дуттєвих струменів і зниженню ефективності продування. Штучне ж збільшення ступеня нерозрахунковості витікання кисневих струменів (n) до 1,5-2,0- і більш за допомогою зменшення вихідного діаметра дифузора сопла або зменшення довжини дифузора [2, стор. 14] з метою запобігання відриву потоку кисню від стін дифузора «автоматично» призводить до зростання втрат тиску потоку в соплі на виникаючих скачках ущільнень на недорозширених режимах витікання струменів (внаслідок віддалення від розрахункового режиму витікання, при якому $n = 1$) і, як наслідок, до зниження ефективності продування плавки в конвертері. Оптимальний же діапазон значень величини ступеня нерозрахунковості витікання кисневих струменів n для умов конвертерної плавки (з урахуванням зміни I_{O_2}) знаходиться поблизу розрахункового режиму і рівний: $n_{opt} = 0,8 \div 1,3$. Таким чином відоме сопло не забезпечує ефективне продування конвертерної плавки.

Відоме надзвукове сопло, що складається з конфузора і складового дифузора з прямолінійними створюючими, яке виконано з двох ділянок з різними кутами розкриття, причому кут розкриття вихідної ділянки дифузора складає не більше 5° , а довжина цієї ділянки визначається залежно від кута розкриття і вихідного діаметра дифузора сопла, а також від відношення критичного і вихідного діаметрів (тобто числа Маху) сопла [3] - прототип.

Відоме сопло дозволяє за рахунок наявності вихідної ділянки дифузора з меншим (чим на основній ділянці) кутом розкриття уникнути явища відриву потоку кисню при виконанні параметрів сопла відповідно до приведеної у [3] залежності.

Проте, вказана залежність не враховує значення ступеня нерозрахунковості витікання кисневих струменів, при якому необхідно здійснювати продування в конвертерній ванні (відповідної основної «робочої» інтенсивності продування) - n_p . Тому отримана по залежності [3] величина довжини вихідної ділянки дифузора сопла l_2 , не є оптимальною, тобто не забезпечує максимальну ефективність продування ванни. Крім того, в прототипі не обумовлений верхня межа величини l_2 . При надмірно великому значенні l_2 матимуть місце значні втрати потенційної енергії тиску кисню в соплах і відповідно знизиться ефективність продування конвертерної ванни через відомі сопла. Виконання вихідної ділянки дифузора сопла з малим кутом розкриття (до 5°) є скрутним через малу довжину вказаної ділянки. Це призводить до похибки виготовлення сопел і ускладнення розрахунку характеристик. Крім того різкий перехід від основної до вихідної частини дифузора відомого сопла призводить до додаткових втрат енергії кисневого потоку в соплі (на виникаючих на лінії переходу скачках ущільнень).

В основу винаходу постановлено завдання вдосконалити конструкцію надзвукового сопла із складеним дифузоровим, у якій за рахунок оптимальних параметрів (довжини, та кута розкриття) вихідної ділянки дифузору, а також використання нового елемента (плавного сполучення між ділянками дифузору), забезпечується найефективніше продування конвертерної ванни (запобігання явища відриву і зниження втрат тиску кисневого потоку) при заданому (робочій) ступеня нерозрахунковості витікання кисневих струменів, полегшується розрахунок і виготовлення сопел, і, як наслідок, поліпшуються управління процесом і техніко-економічні показники виплавки конвертерної сталі.

Рішення поставленої задачі досягається за рахунок того, що в надзвуковому соплі кисневої фурми для продування розплаву, яке складається з конфузора і двохдільничого дифузора з різними кутами розкриття, вихідна ділянка дифузора виконують циліндровим, а довжина цієї ділянки визначається із співвідношення:

$$(0,65 - 0,375 \cdot n_p) \leq (l_2 / d_2) \leq (1,53 - 0,875 \cdot n_p)$$

де l_2 - довжина вихідної ділянки дифузора

d_2 - діаметр вихідного перетину сопла

n_p - ступінь нерозрахунковості витікання кисню з сопла при основній (робочому) витраті кисню (інтенсивності продування) через фурму.

Крім того, між основною і вихідною ділянками дифузора сопла виконане плавне сполучення.

При створенні даного винаходу виходили з наступних положень. Виконання вихідної ділянки дифузора сопла циліндровим дозволяє значно спростити виготовлення і більш надійно розрахувати параметри витікання кисневих струменів, необхідні для розробки дуттєвого режиму плавки, зменшити теплове випромінювання на вихідну ділянку сопла і підвищити його стійкість. Виконання вихідної ділянки дифузора сопла оптимальної довжини залежно від заданого ступеня нерозрахунковості витікання кисню з сопла (при основній робочій витраті кисню через фурму) дозволяє забезпечити мінімальні (за вказаних умов) втрати потенційної енергії тиску кисню в соплі, виключити явище відриву потоку кисню від стін дифузора сопла при регулюванні витрати кисню (зміні його від номінального - «робочого» значення) і тим самим підвищити ефективність продування конвертерної ванни при забезпеченні високої стійкості сопел і фурми в цілому.

Якщо значення (l_2 / d_2) менше ніж $(0,65 - 0,375 \cdot n_p)$, то має місце відрив течії потоку кисню від стін вихідної ділянки дифузора при зменшенні витрати кисню через фурму V_{O_2} в процесі плавки (звичайно величина V_{O_2} знижується від робочого номінального його значення приблизно на 10-20%). При цьому мають місце значні втрати енергії кисневого потоку на ежекційні і вихрові течії, ерозія вихідної ділянки сопел, порушення режиму продування плавки, зниження стійкості фурм.

Якщо значення (l_2 / d_2) більше, ніж $(1,53 - 0,875 \cdot n_p)$, то істотно збільшуються втрати тиску кисневого потоку на циліндровій вихідній ділянці сопла і внаслідок цього знижується ефективність продування плавки.

Виконання плавного сполучення між основною конічною і вихідною циліндровою ділянками сопла дозволяє звести до мінімуму втрати енергії потоку кисню (на удар) в зоні стику вказаних ділянок і виключити утворення у вказаній зоні додаткових стрибків ущільнень.

Сутність винаходу пояснюється на Фіг. 1, 2, де на Фіг. 1 - надзвукове сопло кисневої фурми для продування розплаву (по п. 1 формули винаходу), а на Фіг. 2 - надзвукове сопло кисневої фурми для продування розплаву з виконаним сполученням між ділянками дифузора (по п. 2 формули винаходу).

Надзвукове сопло кисневої фурми для продування розплаву складається з (див. Фіг. 1) конфузора 1 і двохділянкового дифузора 2, включаючого основну конічну ділянку 3 з кутом розкриття γ_1 і вихідна циліндрова ($\gamma_2 = 0$) ділянка 4 з довжиною l_2 , визначуваною із співвідношення:

$$(0,65 - 0,375 \cdot n_p) \leq (l_2 / d_2) \leq (1,53 - 0,875 \cdot n_p)$$

де l_2 - довжина вихідної ділянки дифузора

d_2 - діаметр вихідного перетину сопла

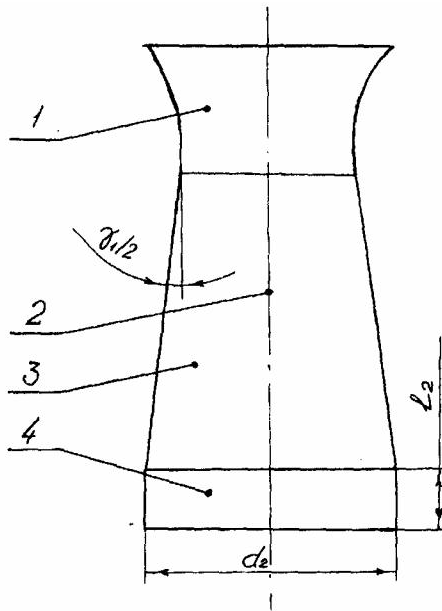
n_p - ступінь нерозрахунковості витікання кисню з сопла при основній (робочому) витраті кисню (інтенсивності продування) через фурму.

Надзвукове сопло кисневої фурми для продування розплаву може мати плавне сполучення 5 (див. Фіг. 2) між конічною основною і циліндровою вихідною ділянками дифузора.

Пристрій працює таким чином. Кисневий потік з високим тиском подається в конфузور 1 сопла фурми, де він прискорюється до звукової швидкості (на виході), потім переходить в дифузор 2 сопла, де він далі прискорюється до надзвукових швидкостей і витікає з сопла у вигляді надзвукового добре організованого стійкого струменя, який рафінує і перемішує конвертерну ванну. Оскільки при вказаних параметрах сопла мають місце мінімальні втрати потенційної енергії кисневого потоку в соплі і виключається явище відриву потоку від стін дифузора, то має місце максимальна кінетична енергія кисневих струменів і як наслідок ефективне продування конвертерної ванни при одночасному забезпеченні високої стійкості сопел і продувних фурм.

Джерела інформації:

1. Дейч М.Е. Техническая газодинамика. - М.: Энергия, 1974. - 592 с.
2. Старов Р.В., Нагорских В.А. Производство стали в конвертерах. - К.: Техніка, 1987. - 167 з.
3. Патент України на винахід № 19073, МКВ С 21 С 5/48, БВ № 6, 1997.



Фіг. 1.

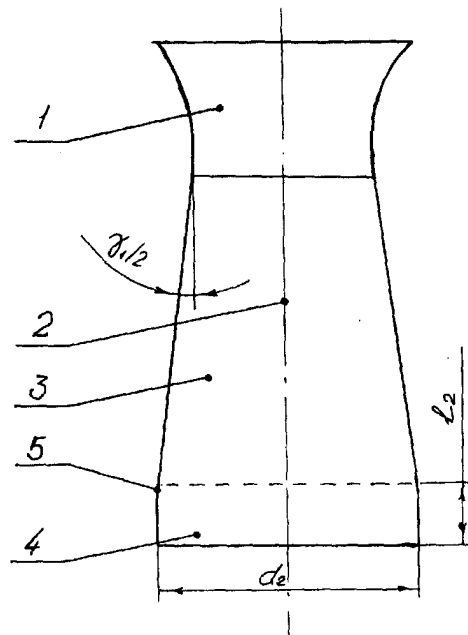


Fig. 2.