JoseCast Suite — 사용 설명서

주조 공장의 일상 계산을 하나의 프로그램에서, 단계별로.

이 설명서는 JoseCast Suite의 각 모듈을 계산 예제와 함께 설명합니다. 프로그램을 처음 사용해도 괜찮습니다. 각 그림에는 클릭할 곳이 빨간 테두리와 번호로 표시되어 있으며, 본문의 번호는 그림의 번호와 같습니다.

> **JoseCast Suite가 하는 일:** 사형 주조 공장의 계산을 하나의 프로그램에 모았습니다. 가장 저렴한 용해 배합과 용해 비용, 탕구·압탕 설계, 주입 시간, 주철과 강의 주입 온도, STEP 모델로부터 금속·주형틀·모래의 양과 비용. 모든 결과에 계산식과 문헌 출처가 함께 제시됩니다.

목차

1. 시작하기 전에
2. 시작 화면
3. 모든 모듈의 공통 사용법
4. 장입 배합 계산
5. 탕구·압탕 설계
6. 주입 시간 해석
7. 주철 파라미터
8. 주강 파라미터
9. 3D·질량
10. 교정: 프로그램을 자사 공장에 맞추기
11. 파일
12. 적용 범위와 한계
13. 문제 해결

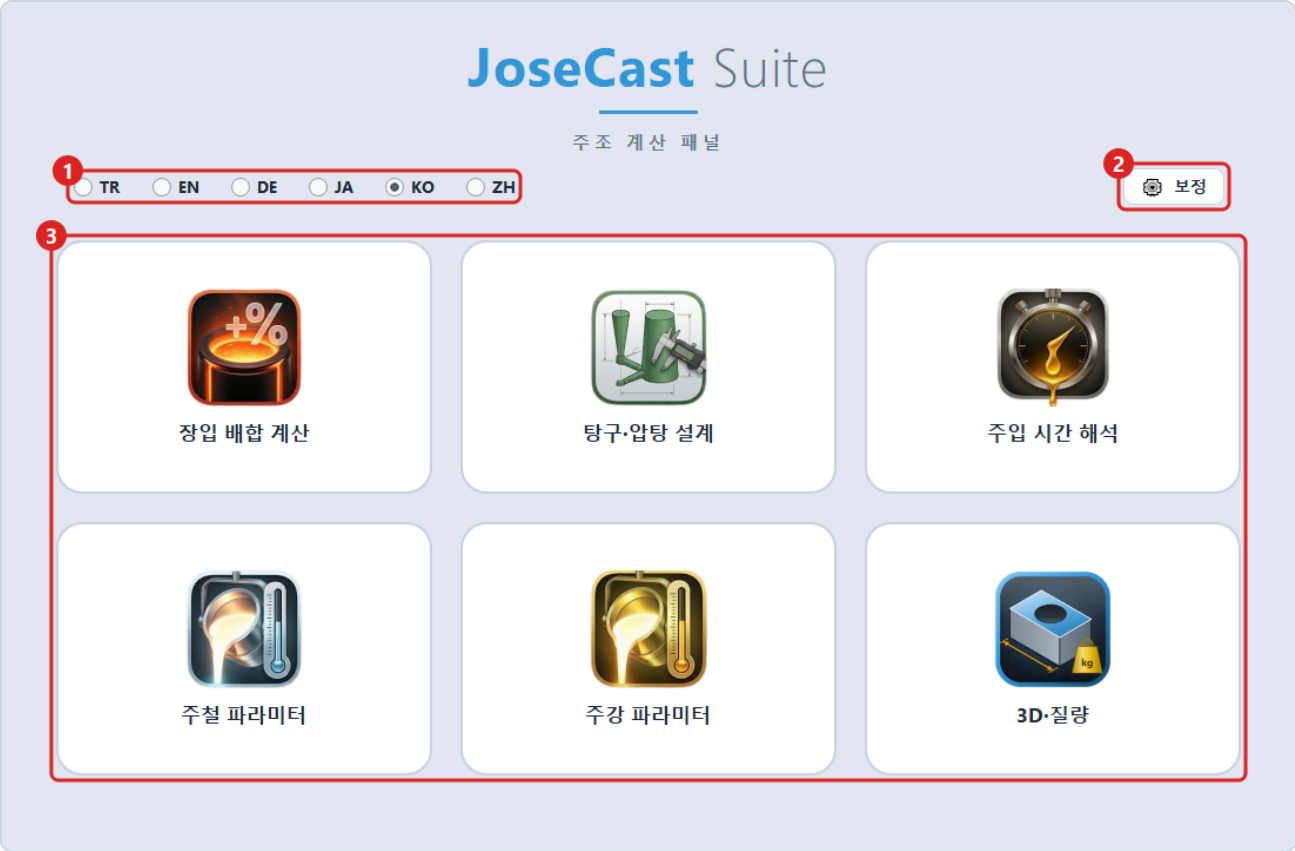
1. 시작하기 전에

	요구 사항
운영 체제	Windows 10 또는 Windows 11, 64비트
인터넷	계산에는 필요하지 않음

설치 파일 또는 Microsoft Store에서 프로그램을 **설치**한 후, 시작 메뉴에서 **JoseCast Suite**를 실행합니다.

처음 실행. 처음 실행할 때 프로그램은 열역학(CALPHAD) 데이터베이스를 준비합니다. 약 30초가 걸릴 수 있으며, 이후에는 더 빨리 시작됩니다. 시작할 때 프로그램은 모든 구성 요소가 있는지 확인하고, 계산 엔진이 올바르게 동작하는지 확인하기 위해 문헌의 풀이 예제를 다시 계산합니다.

2. 시작 화면



- **(1) 언어** — 프로그램 언어를 선택합니다. 변경은 이미 열린 창에도 즉시 적용됩니다.
- **(2) 보정** — 주입 시간과 주입 온도 계산의 계수를 자사 공장에 맞게 조정합니다(10장 참조).
- **(3) 모듈** — 타일을 클릭하면 모듈이 열립니다. 각 모듈은 별도의 창에서 열리며, 같은 모듈을 여러 번 열 수도 있습니다(예: 두 설계를 나란히 비교).

3. 모든 모듈의 공통 사용법

모든 계산 모듈의 구성은 같습니다.

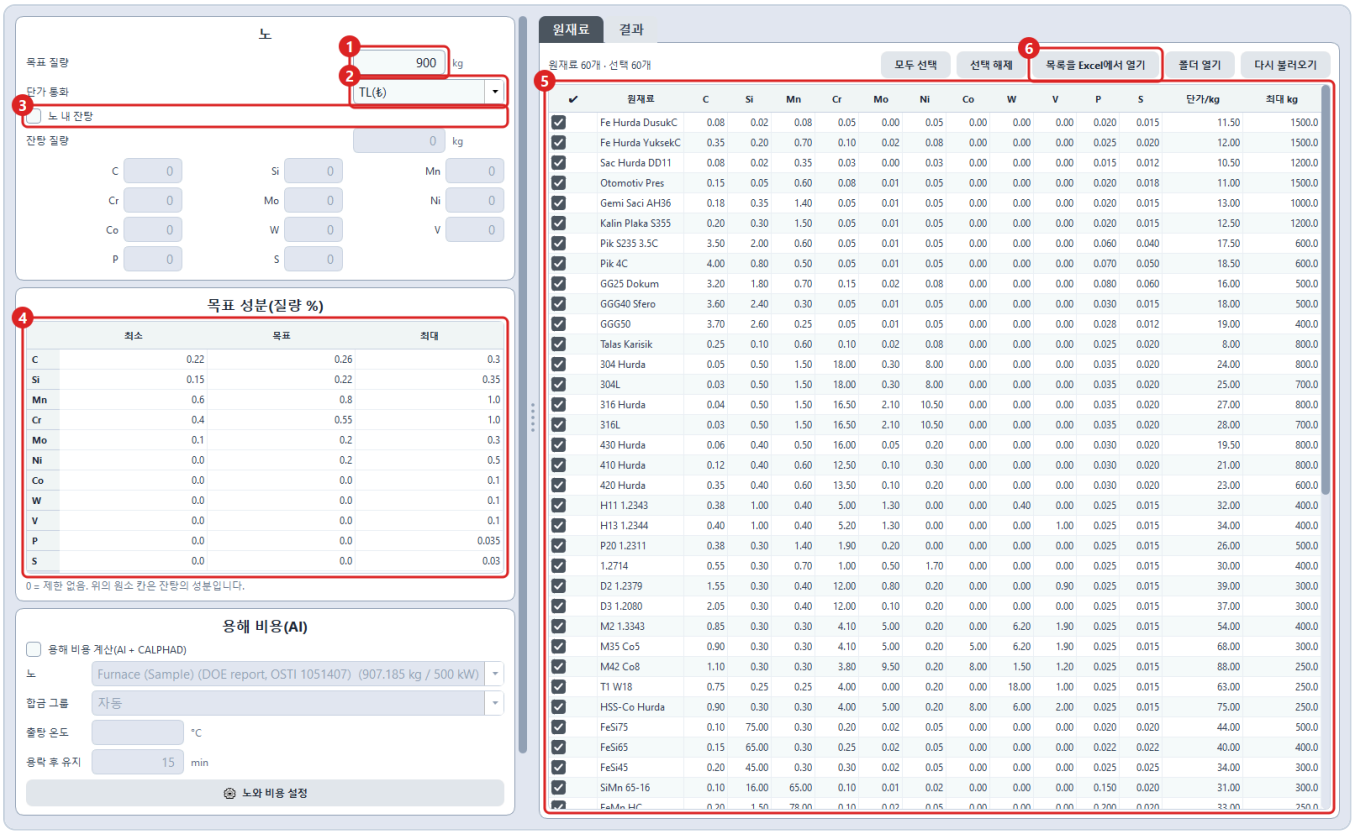
- **왼쪽:** 입력. 상자별로 묶여 있습니다. 각 칸에는 대표적인 값이 미리 들어 있어 어떤 값이 필요한지 알 수 있습니다.
- **오른쪽:** 결과. 위쪽에는 중요한 결과가 큰 카드로, 그 아래에는 자세한 결과가 계산식과 함께 표시됩니다.
- **계산**(또는 **Enter** 키)로 계산합니다. 입력하는 동안 자동으로 계산되지 않습니다.
- **보고서**은 결과를 인쇄 가능한 페이지로 웹 브라우저에서 엽니다. 브라우저에서 인쇄하거나 PDF로 저장할 수 있습니다. 보고서는 화면의 결과와 같습니다.

입력이 빠졌거나 잘못되면 결과 위의 **빨간 메시지**가 고칠 칸을 알려 줍니다. 결과 아래의 **주황색 메모**는 결과에 관한 중요한 점(예: 어떤 식을 사용했는지)을 설명합니다.

4. 장입 배합 계산

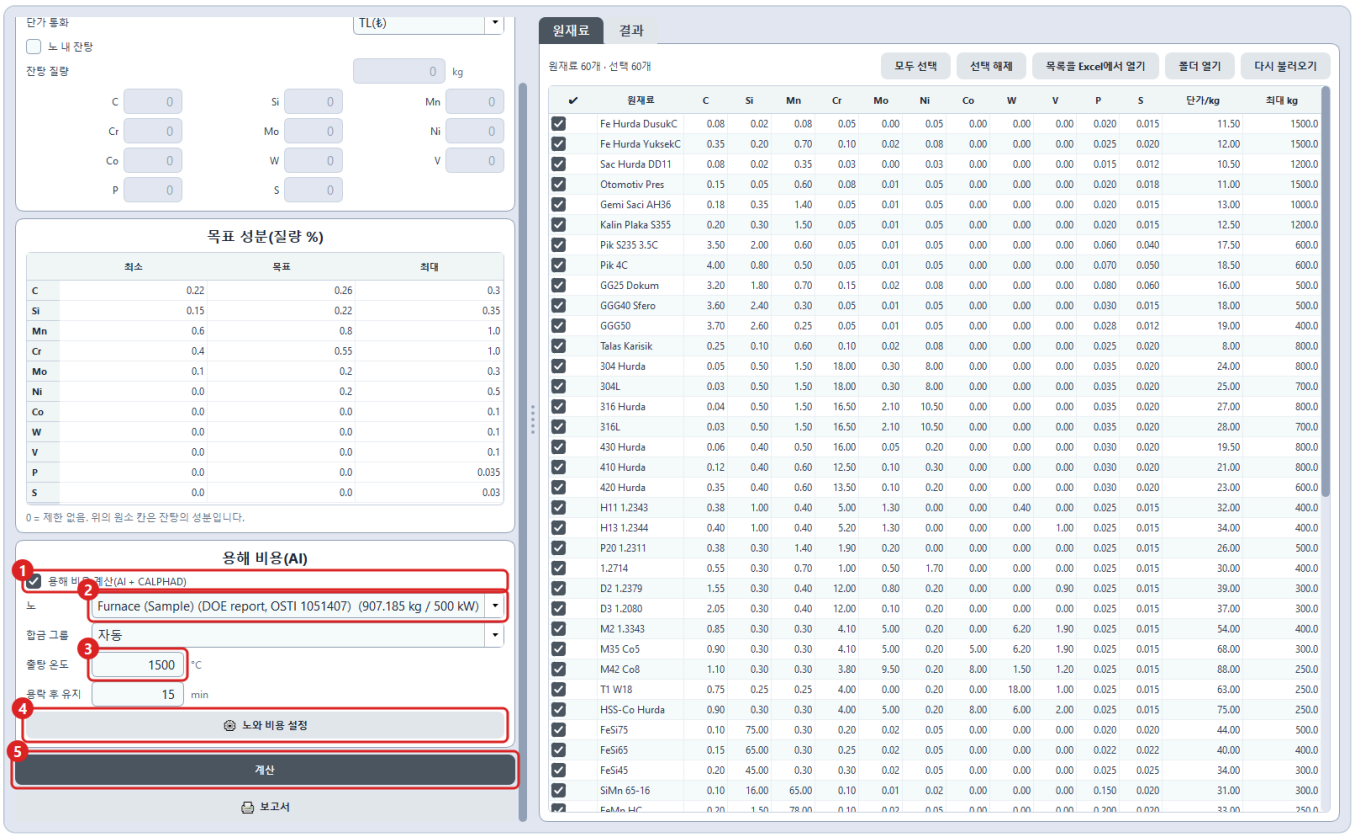
하는 일: 용해 원료(스크랩, 선철, 합금철 등) 가운데 목표 성분을 만족하는 가장 저렴한 배합을 찾고, 원하면 용해 비용도 계산합니다.

1단계 — 입력과 원료 목록



1. **목표 질량 (1)** — 녹이려는 용탕의 양. 예: **900 kg**.
2. **단가 통화 (2)** — TL, 유로 또는 달러. 프로그램의 모든 가격이 이 통화를 사용하며, 환산은 하지 않습니다.
3. **노 내 잔탕 (3)** — 이전 용해의 용탕이 로에 남아 있으면 체크합니다. 그 질량과 성분을 아래 칸에 입력하면 계산에 반영됩니다.
4. **목표 성분(질량 %) (4)** — 원소마다 **최소**, **목표**, **최대**를 질량 %로 입력합니다. **0**은 제한 없음을 뜻합니다.
5. **원료 목록 (5)** — 원료의 성분, **단가/kg**, **최대 kg**(보유량). 이번 계산에서 빼려는 원료는 체크를 해제합니다.
6. **목록을 Excel에서 열기 (6)** — 목록은 사용자 폴더에 있는 Excel 파일입니다. 열어서 자사 원료와 가격을 추가하고 저장한 다음 **다시 불러오기**를 클릭합니다.

2단계 — (선택) 용해 비용



1. **용해 비용 계산(AI + CALPHAD) (1)**에 체크합니다.
2. **노 (2)**를 선택합니다. 프로그램에는 예제 유도로가 하나 들어 있으며, 그 실측 용해 데이터는 공개된 미국 에너지부 보고서에서 가져온 것입니다.
3. **출탕 온도 (3)**과 **용락 후 유지**를 입력합니다.
4. **노와 비용 설정 (4)**로 설정 창이 열립니다(4단계 참조).
5. **계산 (5)**를 클릭합니다.

3단계 — 결과



프로그램이 **결과** 탭 **(1)**으로 바뀝니다.

- **카드:** 총비용, 단위 비용, 사용 원재료 수, 추정 Fe 함량.
- **장입 배합:** 원료별 장입량(kg)과 비용.
- **최종 성분(질량 %):** 용탕의 성분을 원소별로 보여 주며, 상태를 **적합**, **미달**, **초과**로 표시합니다.

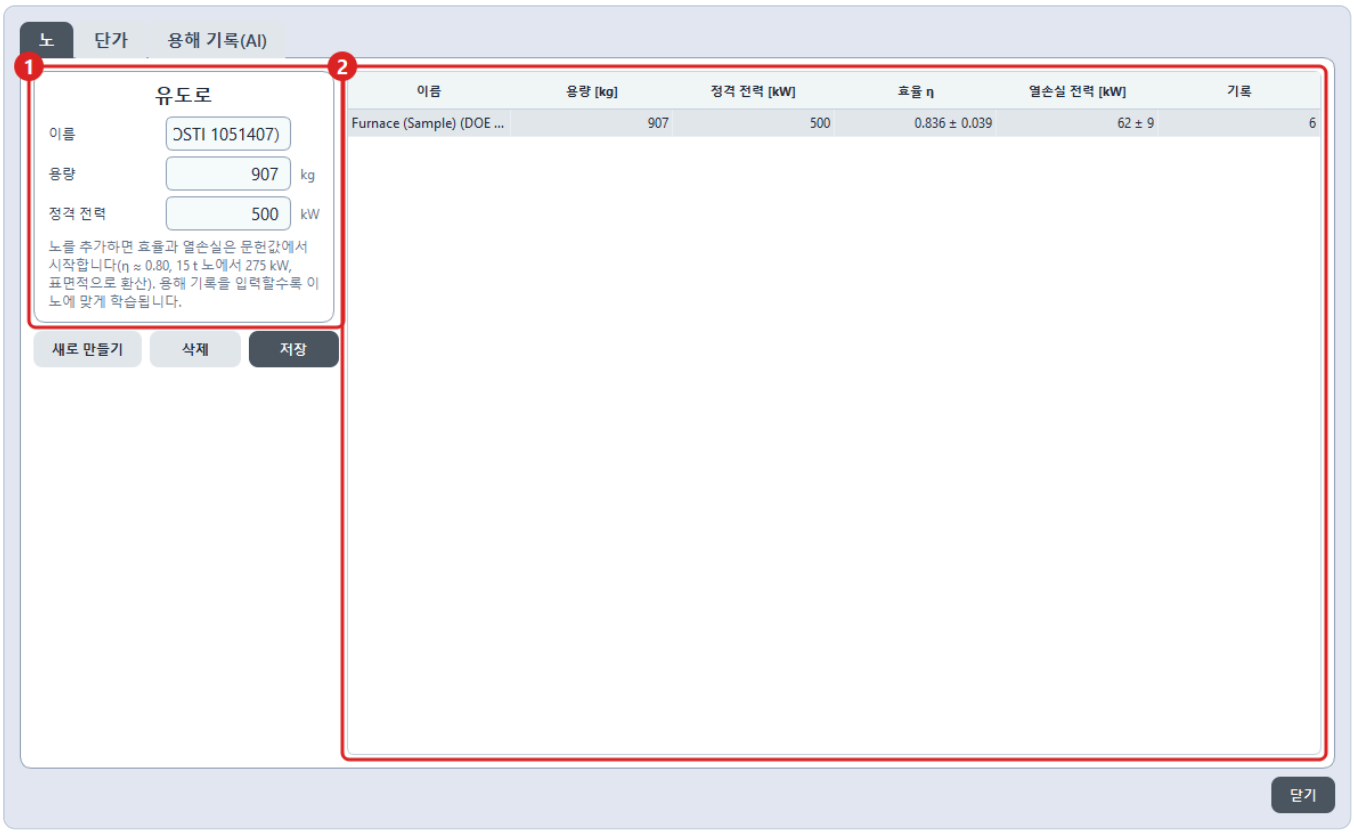
예제에서 900 kg에 대한 가장 저렴한 배합은 원료 7가지를 사용합니다. **보고서 (2)**로 인쇄용 보고서가 열립니다.



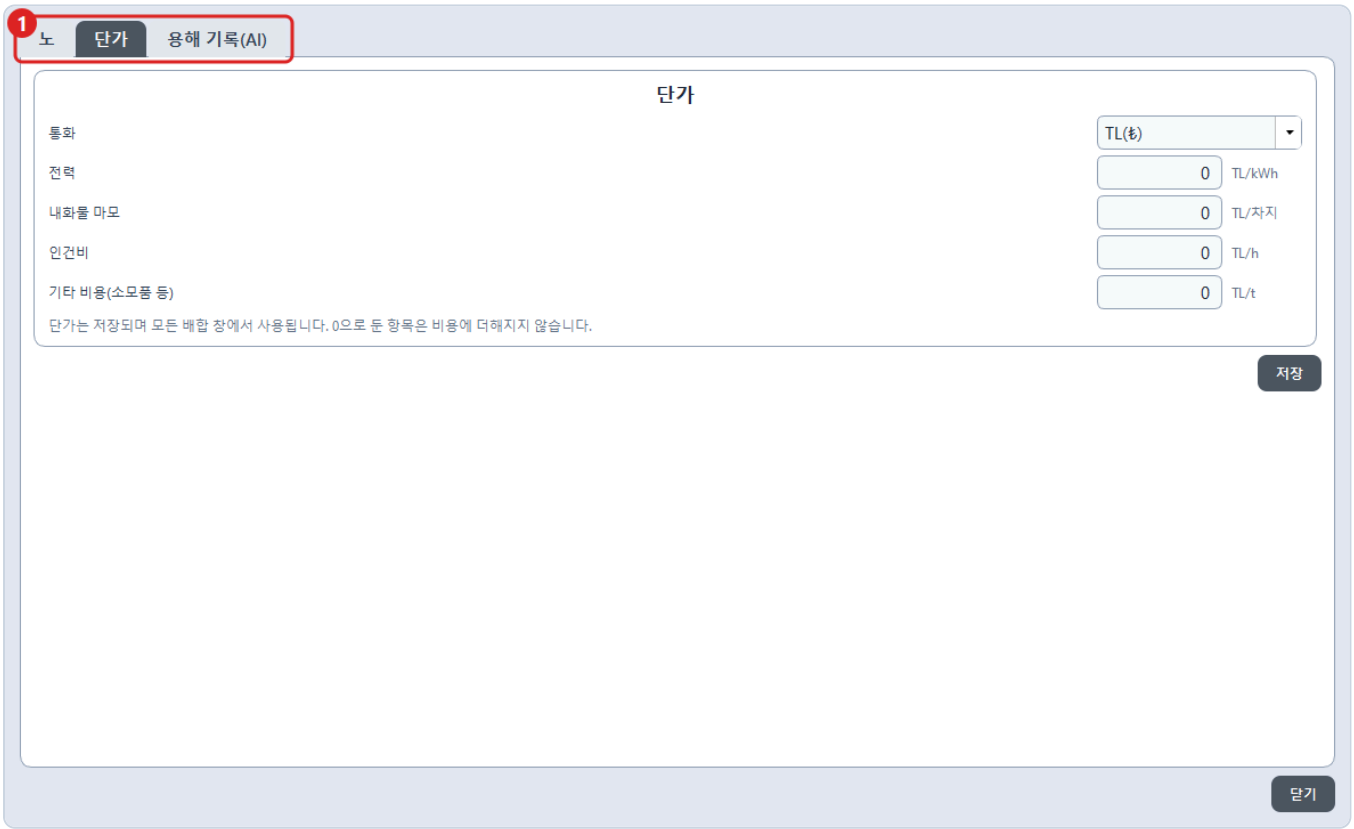
용해 비용을 켜면 아래의 **용해 에너지** 부분에 이론 용해 에너지(CALPHAD), 예상 소비량, 용해 시간, 용해 1회당 비용이 항목별(원료, 에너지, 인건비, 내화물, 기타)로 표시됩니다. 이론 에너지는 배합 후 몇 초 뒤에 계산되며, 그 전까지는 계산 중이라고 표시됩니다.

> 선택한 원료로 목표에 도달할 수 없으면 프로그램이 이를 알리고 어떤 제한을 완화해야 하는지 알려 줍니다.

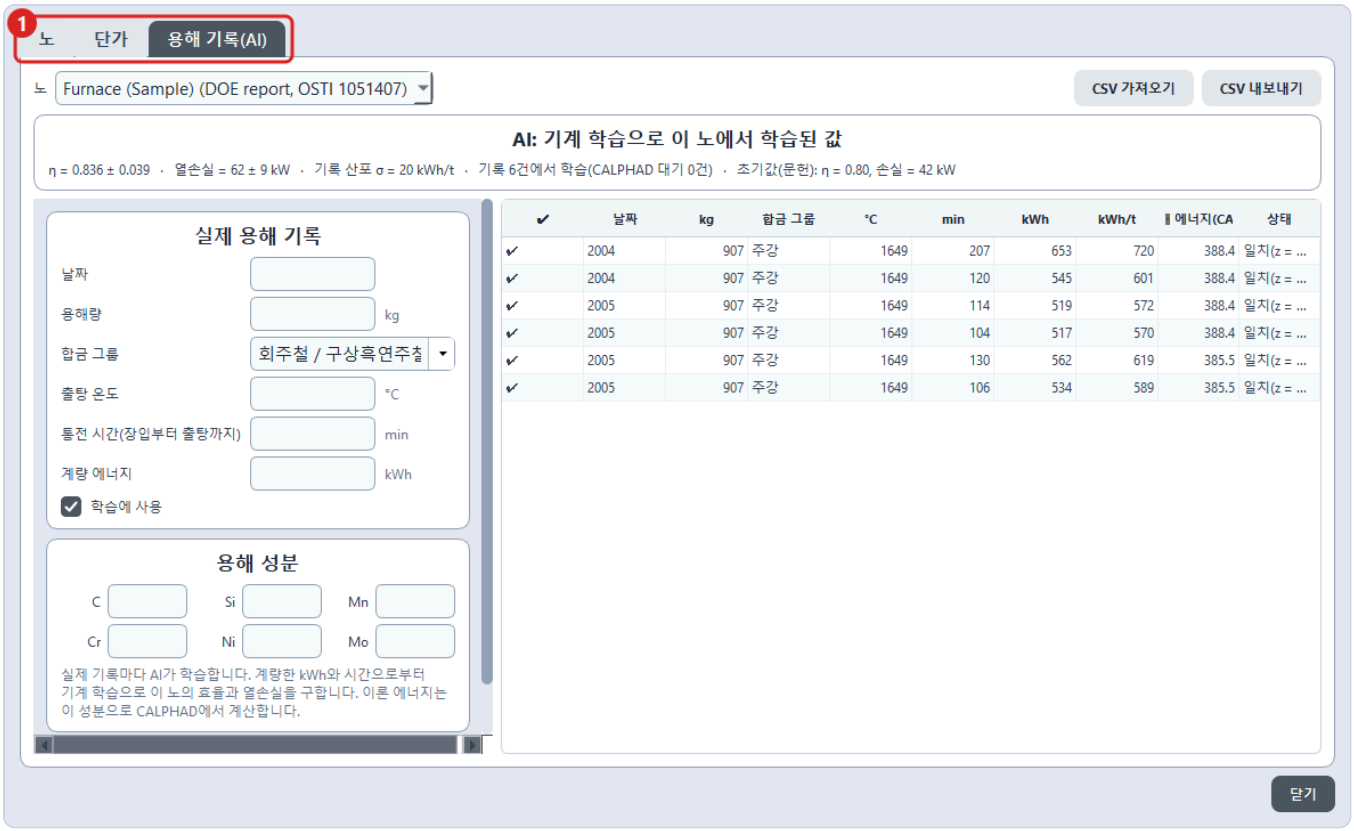
4단계 — 로와 비용 설정



노: 로의 **이름**, **용량**, **정격 전력 (1)**를 입력하고 **저장**를 클릭합니다. 표 **(2)**에 로가 효율과 열손실과 함께 나열됩니다.



단가 (1): 전기, 용해 1회당 내화물 마모, 시간당 인건비, 톤당 기타 비용. 0으로 둔 항목은 비용에 더해지지 않습니다.

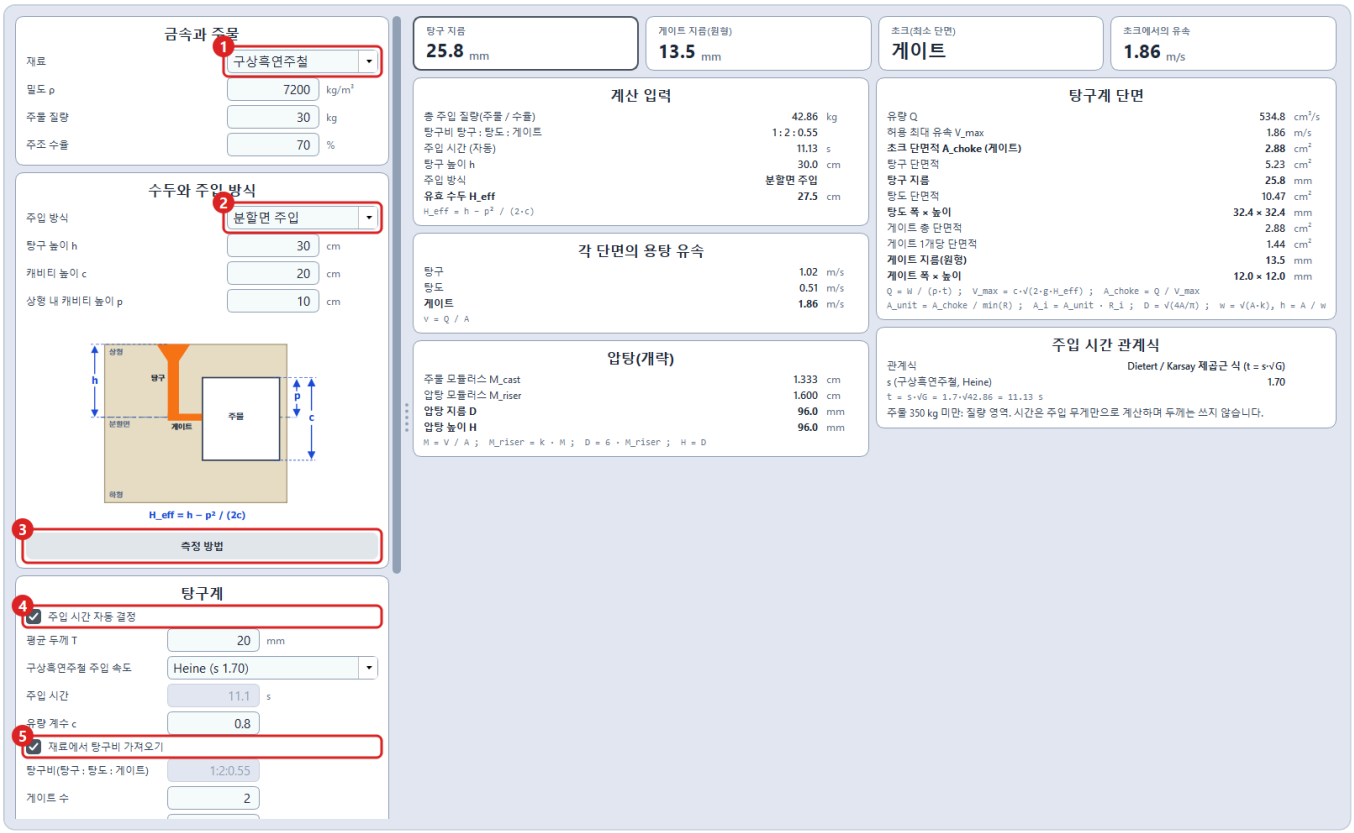


용해 기록(AI) (1): 로의 실제 용해를 입력합니다. 날짜, 용해 질량, 출탕 온도, 통전 시간, 계량된 에너지(kWh), 성분. 기록마다 프로그램이 로를 학습합니다. 효율과 열손실은 자사 데이터로부터 학습되며(베이지안 머신러닝), 기록이 많아질수록 용해 비용이 정확해집니다. 다른 기록과 맞지 않는 기록은 표시되고 학습에 사용되지 않습니다. 기록은 CSV로 가져오기와 내보내기도 할 수 있습니다.

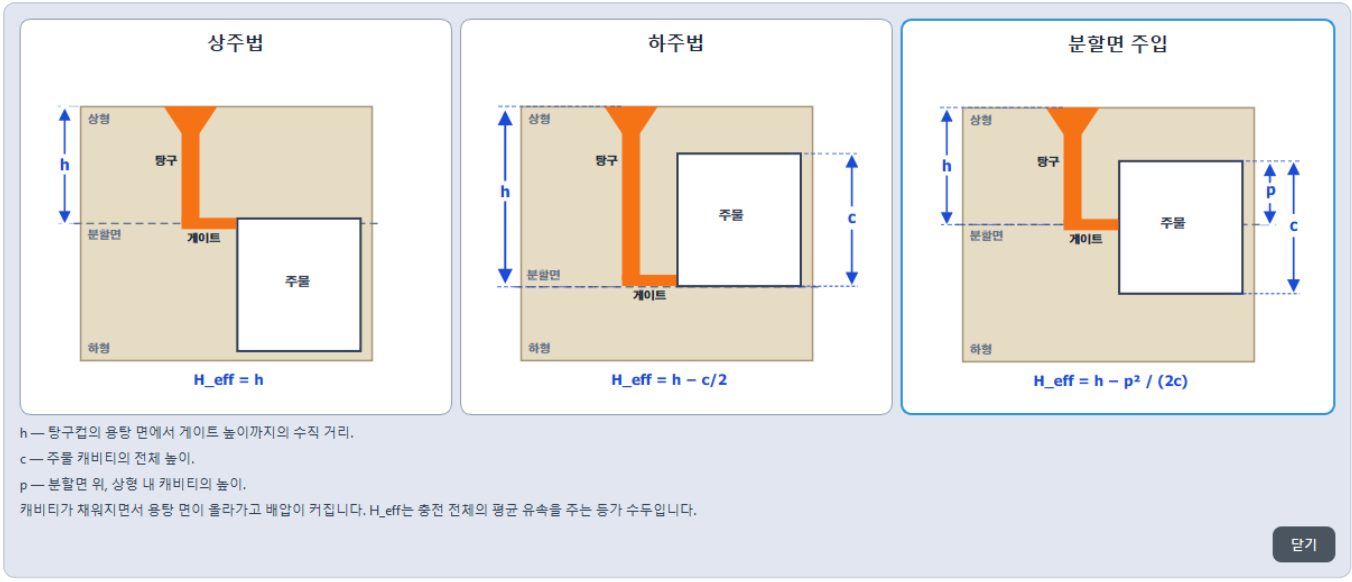
5. 탕구·압탕 설계

하는 일: 주물의 탕구, 탕도, 주입구 단면을 정하고, 각 단면의 용탕 속도를 구하며, 원하면 압탕의 예비 계산을 합니다.

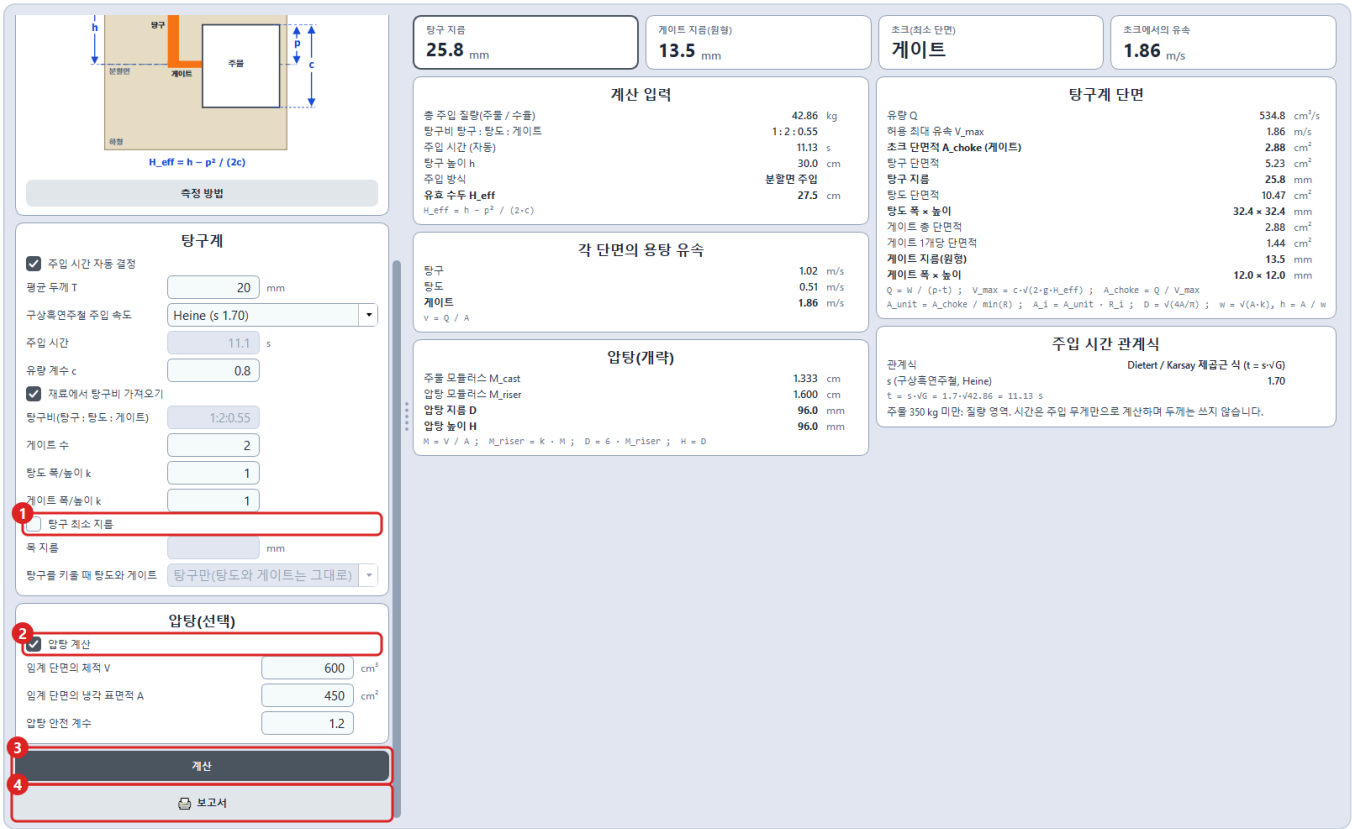
1단계 — 금속, 주물, 탕구 방식



1. **재료 (1)** — 강, 회주철, 구상흑연주철 또는 사용자 밀도. 이어서 **주물 질량**와 **주조 수율**를 입력합니다. 예: 구상흑연주철, 30 kg, 70 %.
2. **주입 방식 (2)** — 상부 주입, 하부 주입, 분할면 주입. **탕구 높이 h**, **캐비티 높이 c**, **상형 내 캐비티 높이 p**와 함께 입력합니다. 예: 분할면, h = 30 cm, c = 20 cm, p = 10 cm.
3. **측정 방법 (3)** — 각 탕구 방식에서 h, c, p를 어떻게 재는지 그림으로 보여 줍니다.
4. **주입 시간 자동 결정 (4)** — 켜짐: 주입 시간은 주입 시간 분석(6장)에서 가져옵니다. 꺼짐: 직접 주입 시간을 입력합니다.
5. **재료에서 탕구비 가져오기 (5)** — 켜짐: 재료에 맞는 일반적인 탕구 : 탕도 : 주입구 비를 사용합니다. 꺼짐: 직접 비를 입력합니다(예: 1:2:2).



2단계 — 옵션과 계산



1. **탕구 최소 지름 (1)** — 작은 주물에서는 계산식이 실제로 주입할 수 없을 만큼 가는 탕구를 낼 수 있습니다. 공장의 최소 탕구 지름을 입력하고 다른 단면을 어떻게 맞출지 고릅니다. 프로그램은 무엇이 바뀌었는지 쉬운 문장으로 설명하고, 주입 작업자에게 간단한 지시(몇 초에 몇 kg)를 줍니다.
2. **압탕 계산 (2)** — 중요 단면의 부피와 냉각 면적을 입력하면 모듈러스법에 의한 예비 압탕이 나옵니다.
3. **계산 (3)**, 인쇄하려면 **보고서 (4)**.

결과(오른쪽): 큰 카드에 탕구 지름, 주입구 지름, 어느 요소가 초크인지, 초크에서의 속도. 그 아래에 탕구·탕도·주입구의 단면과 치수, 각 단면의 속도, 압탕 지름과 높이, 사용한 주입 시간 관계식. 예: 탕구 25.8 mm, 주입구 Ø 13.5 mm, 초크는 주입구, 1.86 m/s.

6. 주입 시간 해석

하는 일: 주물의 목표 주입 시간과 평균 주입 속도를 계산합니다.



1. **재료 (1)** — 강, 회주철, 구상흑연주철.
2. **주물 질량 (2)**와 **주조 수율 (3)** — 이 값으로 주입 중량을 구합니다.
3. **평균 두께 T (4)** — 350 kg 이상의 주물에만 사용합니다.
4. 강에서는 탕구 방식이, 구상흑연주철에서는 주입 속도가 시간을 바꿉니다. 해당하지 않는 칸은 회색으로 표시됩니다.
5. **계산 (5)**.

문헌의 두 관계식: 350 kg 미만에서는 시간이 주입 중량에만 따르며, 350 kg부터 3000 kg까지는 평균 단면 두께도 들어갑니다. 결과에는 사용한 관계식과 계수가 표시됩니다. 예: 회주철, 500 kg, 75 %, 30 mm → 약 **35.6 s**, **18.7 kg/s**.

계수는 **보정**에서 자사 공장에 맞게 조정할 수 있습니다(10장).

7. 주철 파라미터

하는 일: 주철의 액상선 온도와 주입해야 할 온도(주형 유입 시, 래들 시작 시, 구상흑연주철은 Mg 처리 시)를 구합니다.



1. **주철 종류 (1)** — 회주철, 구상흑연주철, 백주철 / 고크롬, Ni-Hard.
2. **화학 성분(질량 %) (2)** — 용탕의 성분(질량 %). 예: 구상흑연주철, C 3.7 %, Si 2.6 %.
3. **단면(벽) 두께 (3)** — 주물의 두께. 얇은 부분일수록 더 뜨거운 용탕이 필요합니다.
4. **래들 (4)** — 래들의 용탕량, 개방형 또는 덮개형 래들, 유지 + 주입 시간, 래들 옮겨 붓기 횟수. 도중에 잃는 온도를 프로그램이 더합니다.
5. **계산 (5)**.

결과: 큰 카드에 **주형 유입 온도**, 그리고 래들 시작 온도, Mg 처리 온도(구상흑연주철), 기준 액상선 T_ref. 액상선은 모델과 문헌 출처와 함께 표시됩니다. 주입 온도는 프로그램 고유의 Jose 주입 온도 정리에서 나옵니다.

8. 주강 파라미터

하는 일: 주철과 같은 계산을 강에 대해 합니다. 탄소강·저합금강, 공구강, 오스테나이트계·페라이트계·마르텐사이트계·이상(듀플렉스) 스테인리스강.



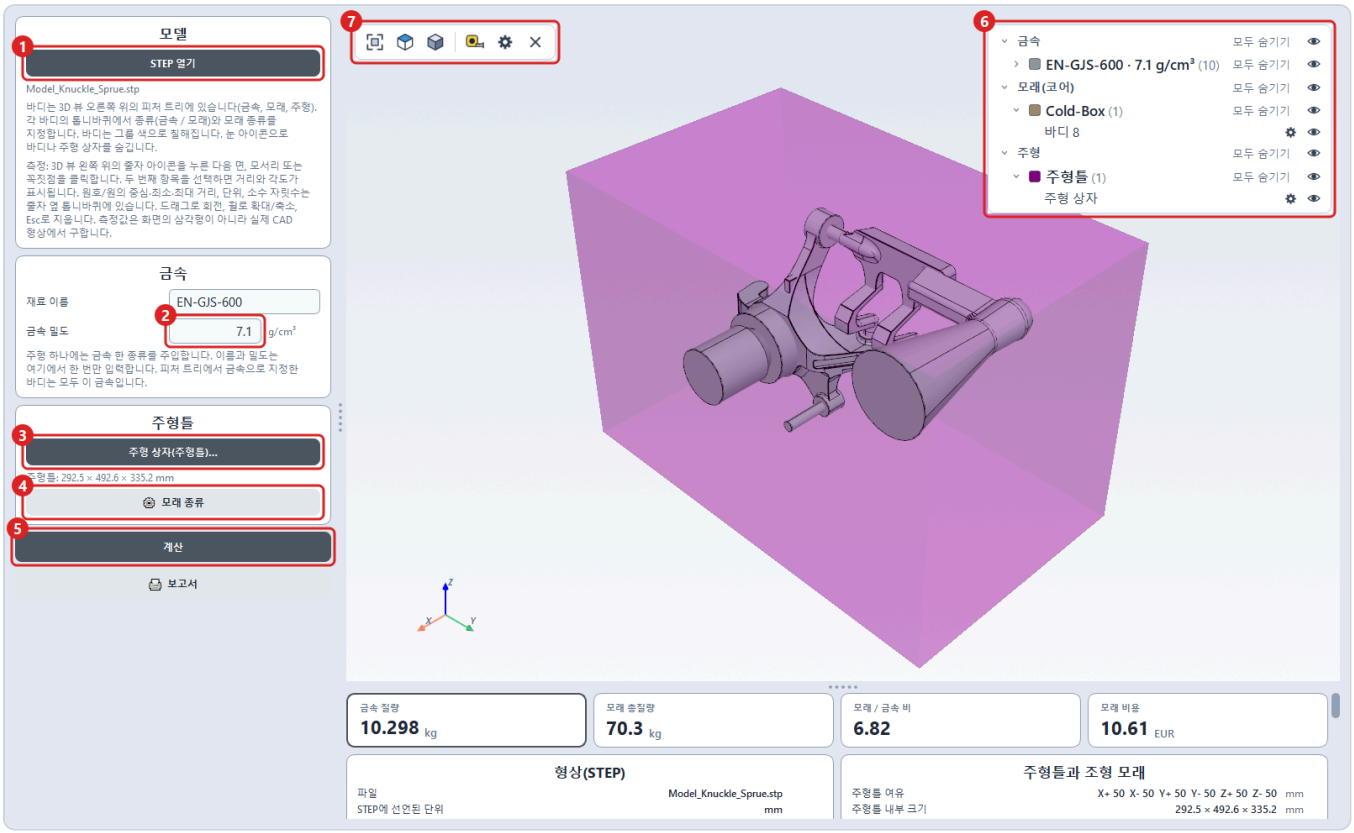
1. **강종 (1)**.
2. **화학 성분(질량 %) (2)** — 성분(질량 %).
3. **단면(벽) 두께 (3)**과 그 아래의 래들 칸.
4. **계산 (4)**.

결과: 주형 유입 온도, 래들 시작 온도, 액상선 온도 TL. 액상선 식, 출처, 스테인리스강의 경우 초정상도 함께 표시됩니다.

9. 3D·질량

하는 일: 탕구·압탕·코어를 포함한 주물의 STEP 모델을 열어 측정하고, 금속 질량, 주형틀 크기, 모래의 양과 비용을 계산합니다.

1단계 — 모델 열기와 금속 설정



1. **STEP 열기 (1)** — STEP 파일(`.stp` / `.step`)을 선택합니다. 예제는 탕구와 압탕을 모두 포함한 스티어링 너클 주물입니다.
2. **금속 밀도 (2)** — 한 주형에는 한 가지 금속을 붓습니다. 이름과 밀도를 여기서 한 번만 입력합니다. 예: EN-GJS-600, 7.1 g/cm³.
3. **피처 트리 (6)** — 3D 뷰의 오른쪽 위. 바디는 **금속**, **모래(코어)**, **주형**로 묶입니다. 바디의 톱니바퀴로 설정이 열리고, 눈 아이콘으로 표시/숨기기를 바꿉니다.

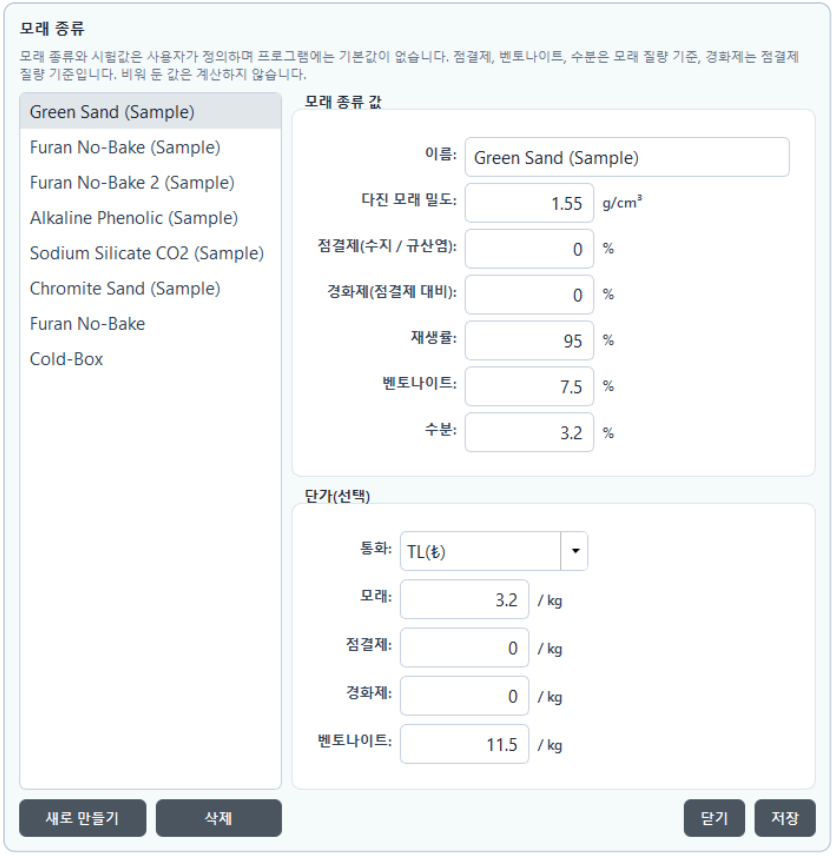
2단계 — 코어, 주형틀, 모래 종류



바디 설정: 각 바디는 **금속(주물)** 또는 **모래(코어)**입니다. 코어에는 모래 종류를 선택합니다. 아래의 체크박스로 같은 설정을 다른 바디에도 한 번에 적용할 수 있습니다. 예제에서는 바디 8이 코어입니다.



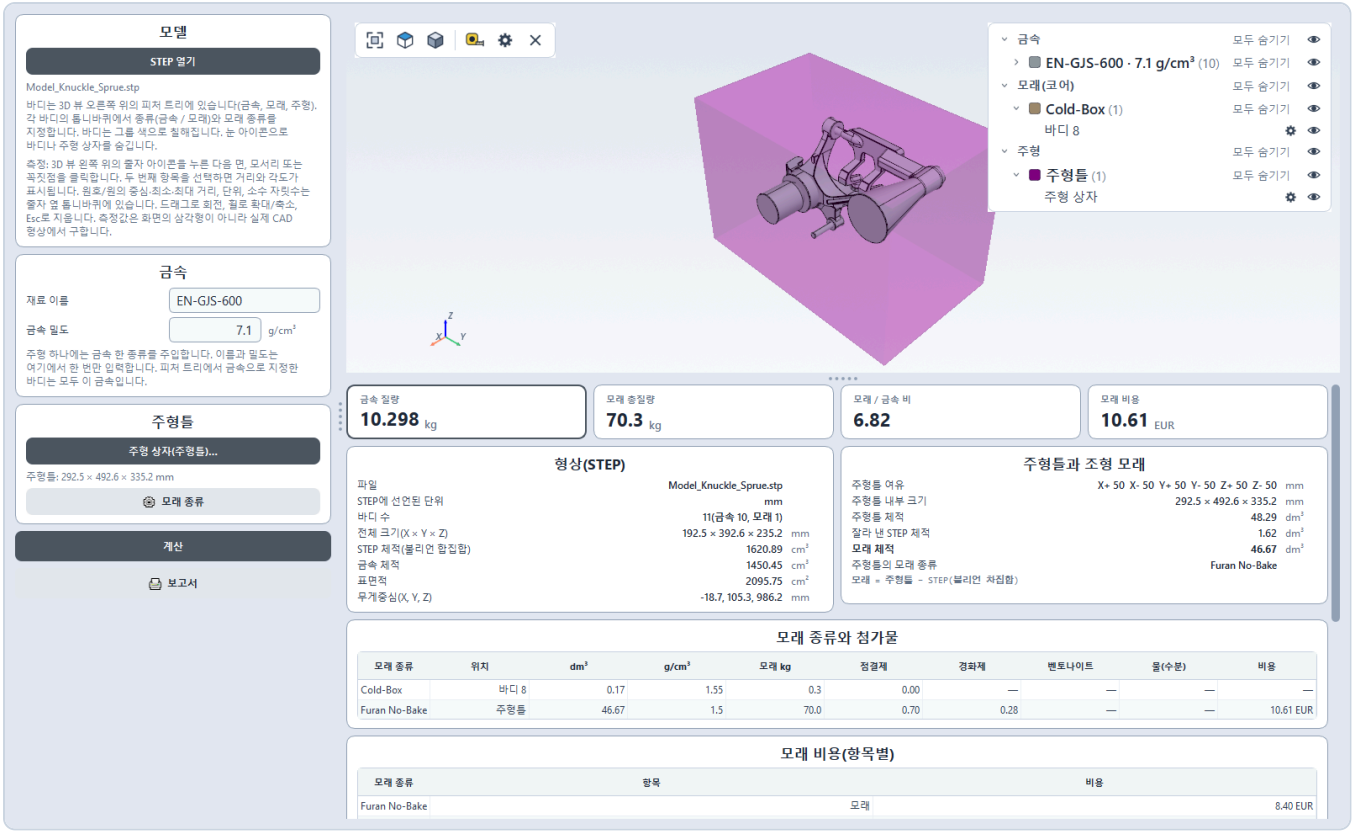
주형 상자(주형틀)... (3): 모델 주위 여섯 방향 각각에 모래가 얼마나 있는지(mm) 입력하고 주형틀 모래를 고릅니다. 3D 뷰의 보라색 상자가 입력에 따라 바로 바뀝니다. 주형틀 모래는 이 상자에서 STEP 바디를 뺀 것입니다.



모래 종류 (4): 자사 시험값으로 모래 종류를 정의합니다. 충전 밀도, 점결제, 경화제, 재생률, 벤토나이트, 수분, 그리고 선택 사항으로 가격. 프로그램에는 숨은 기본값이 없으며, 빈 값은 계산하지 않을 뿐입니다. 시작할 수 있도록 예제 모래 몇 가지가 들어 있습니다.

3단계 — 계산

계산 (5)를 클릭합니다.



결과: 카드에 금속 질량, 모래 총질량, 모래 / 금속 비, 모래 비용. 그 아래에 형상(부피, 표면적, 무게 중심), 주형틀 크기와 모래 부피, 모래 종류별 모래·점결제·경화제·벤토나이트·물의 양, 항목별 모래 비용. 예: 금속 10.3 kg, 모래 70.3 kg, 모래/금속 비 6.8.

측정: 3D 뷰 왼쪽 위의 도구 모음 **(7)**에 표준 뷰, 표시 스타일, **줄자**가 있습니다. 줄자를 켜고 면·모서리·꼭짓점을 클릭하면 길이·지름·반지름·면적이 나옵니다. 두 번째 항목을 클릭하면 둘 사이의 거리와 각도가 나옵니다. 측정값은 화면의 삼각형이 아니라 정확한 CAD 형상에서 구합니다.

10. 교정: 프로그램을 자사 공장에 맞추기



시작 화면의 **보정**로 엽니다.

- **주입 시간 (1):** 합금과 탕구 방식별 주입 시간 관계식의 계수. **문헌값** 열에는 항상 원래 문헌값이 표시됩니다.
- **주입 온도(Jose 정리):** Jose 주입 온도 정리의 상수와 각 합금 그룹의 최소 과열도·최소 주입 온도.

문헌값으로 되돌리기 (2)로 모두 문헌값으로 되돌리고, **저장 (3)**로 값을 저장합니다. 새 값은 열린 모든 창에서 즉시 사용됩니다. 바뀐 값을 사용한 결과에는 문헌값과 함께 사용자 교정 메모가 표시되므로, 교정된 결과를 문헌 결과와 혼동할 일이 없습니다.

> 계수는 자사에서 측정한 주물을 근거로만 바꾸십시오.

11. 파일

프로그램이 읽고 쓰는 모든 것은 **문서\JoseCast Suite** 폴더에 있습니다.

파일	내용
`materials.xlsx`	용해 원료 목록
`melt.db`	로, 가격, 용해 기록
`settings.json`, `calibration.json`	언어와 교정
`sand_types.json`	모래 종류

프로그램은 설치 폴더에 쓰지 않습니다. 데이터를 지키려면 이 폴더를 백업하고, 설정을 다른 컴퓨터로 옮기려면 복사하십시오.

12. 적용 범위와 한계

- **공정:** 사형 주조.
- **합금:** 강(탄소강, 저합금강, 공구강, 스테인리스강)과 주철(회주철, 구상흑연주철, 백주철 / 고크롬, Ni-Hard).
- **주물 크기:** 주입 시간 관계식은 주입 중량 **3000 kg**까지 유효합니다.
- 결과는 문헌에 근거한 공학 계산으로, 판단을 돕기 위한 것입니다. 중요한 부품은 항상 자사의 경험으로 확인하십시오.

13. 문제 해결

문제	해결 방법
결과 위에 빨간 메시지가 나타남	고칠 칸을 알려 줍니다. 빈 칸, 숫자가 아닌 입력, 범위를 벗어난 값 중 하나입니다.
배합이 목표에 도달하지 못함	최소/최대 제한을 완화하거나, 원료를 더 선택하거나, 최대 kg을 올립니다.
새 원료가 나타나지 않음	Excel 파일을 저장한 뒤 **다시 불러오기**를 클릭합니다.
프로그램이 파일을 쓰지 못함	Windows 보안의 *랜섬웨어 방지 → 제어된 폴더 액세스* 또는 백신 프로그램에서 JoseCast Suite를 허용합니다.
STEP 파일에 바디가 하나뿐임	하나로 합쳐진 솔리드로 내보내졌습니다. 각 부품(제품, 압탕, 코어 등)을 별도의 바디로 내보내십시오.
용해 비용에 "계산 중..."이 표시됨	이론 에너지는 백그라운드에서 계산됩니다. 몇 초 기다리십시오.

JoseCast Suite — josecastsuite.com